

**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. 1(6). 208 с.

**Information technology.** – Ufa: USPTU, 2019. 1(6). 208 p.

**Учредитель:**

**ФГБОУ ВО Уфимский государственный  
нефтяной технический университет**

**2019, 1(6)**

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 15.03.2019. Формат 60x80 1/16. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 12,09. Тираж 800 экз. Заказ 84.

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, 1(6)**

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

Заболотная Е.В., Ткаченко О.Ю. МЕТОДИКА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРАКТИКАНТОВ ПРИНЦИПУ РАБОТЫ ЗА ГАЗОВЫМ ХРОМАТОГРАФОМ С ПОШАГОВЫМ РУКОВОДСТВОМ ЭТАПОВ ДЕЙСТВИЙ.....	6
--	---

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Ахмадеев Р.В., Моисеева Е.Ф. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ВСКРЫТИЯ ПЛАСТА ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СКВАЖИНАМИ НА ВЫРАБОТКУ ЗАПАСОВ ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАМЕННОМЫССКОЕ-МОРЕ.....	13
---	----

Ткаченко К.С. СТРУКТУРНЫЕ КОРРЕКЦИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ УХОДА ЗАЯВОК ПРИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ВТОРЖЕНИЯХ.....	19
--	----

Трусов В.Е. АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ КОМПРЕССОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ.....	23
---	----

Ненашев С.В., Ненашева Е.А. ПОЛЬЗА И ВРЕД ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	29
--	----

Киреев К.В. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ.....	34
---	----

Полищук Ю.В., Дедловский М.С., Гончарова Я.В. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕХСМЕННОГО СКОЛЬЗЯЩЕГО ГРАФИКА РАБОТЫ С ПОМОЩЬЮ MINIZINC.....	40
--	----

Киреев И.Р., Шарафиев Р.Г., Барахнина В.Б., Идрисова К.Р., Филиппова А.Г. НОВАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА.....	44
---	----

Еникеев Д.Г., Мустафина С.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА LEAP MOTION ДЛЯ ПРИКЛАДНЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЯЗЫКА ЖЕСТОВ.....	50
--	----

Васенёв М.Ю. ЗАМЕНИТ ЛИ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ETHERNET ШИНУ CAN ДЛЯ ЛЕСНЫХ МАШИН?.....	55
---	----

Корнеев Н.В. СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ...	60
--	----

Гаврилов А.Ю., Майский Р.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАСТЕЙ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ТУРБОДЕТАНДЕРА.....	66
--	----

Ненашева Е.А., Ненашев С.С. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ПРОГНОЗЫ НА 2019 ГОД.....	71
---	----

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ

Семочкина Е.В. ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРУДОЕМКОСТИ БЕСПЛАТНЫХ ПРИЕМОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОСЕЩАЕМОСТИ САЙТА.....	75
--	----

Кунурбаева Ж.С., Софиев А.Э., Офицеров В.С. АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ТОПЛИВОЗАПРАВОЧНОГО КОМПЛЕКСА АЭРОПОРТА.....	82
Бобровская И.С., Николаева М.А. ЗАДАЧА НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ПРИ ПРИНЯТИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО РЕШЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИСКРЕТНОГО МАРКОВСКОГО ПРОЦЕССА.....	87
Матвеева К.Ю. МИКРООБУЧЕНИЕ: СПОСОБ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	93
Абраамян Л.А., Латыпова Д.Р. ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МОЛОДЕЖИ.....	99
Наталуха И.А. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	103
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ</b>	
Курбонов Н.М. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ ФЛЮИДОВ ПРИ ПОРШНЕВОМ ВЫТЕСНЕНИИ.....	110
Черниговский А.В., Кривов М.В. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ САМОПОДОБИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА .....	115
Кусков И.Э. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....	120
Иванов К.А., Федоров С.В. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	126
<b>СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ</b>	
Батенков К.А., Андреев А.А., Семенов Н.А., Королев А.В., Дворядкин В.В. ОПТИМИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МОДЕМОВ ADSL.....	132
Батенков К.А., Иванов Д.А., Егупов А.А., Мясин Н.И. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В УСТРОЙСТВАХ КОРРЕКЦИИ МОЩНОСТИ.....	139
Батенков К.А., Иванов Д.А., Егупов А.А., Королев А.В., Миронов А.Е. ИЗМЕРЕНИЕ ШУМА ПИТАНИЯ.....	145
<b>СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИИ</b>	
Ткаченко И.В., Недоцуков А.С., Борох Н.Д. РАЗРАБОТКА WEB-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ БЕРЕГОВ, СОСТОЯНИЯ И РЕЖИМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДООХРАННЫХ ЗОН ВОДОХРАНИЛИЩ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ OPENLAYERS.....	152
Ахметшина Д.А., Христовуло А.Н. СРАВНЕНИЕ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКИ.....	157
Султанова Е.А., Евтягина И.О. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ ПРИ ТРАССИРОВАНИИ ТРАСС	163

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

Фёдоров В.П., Майский Р.А. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ КОНФИ- ДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ .....	169
Поникаровская А.А., Дружинская Е.В. СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ .....	173
Мустафаев А.Г. ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ.....	179
Калач А.В., Кравченко А.С., Говорин Е.Б. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ФУНК- ЦИОНИРОВАНИЕМ ЛЕГАЛЬНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ИНФОР- МАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ.....	183

## **СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА**

Щербатов И.А., Артюшин В.А., Долгушев А.Н. РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОГО БЛОКА АВТОНАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ.....	190
---	-----

## **СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ**

Базулев И.И., Ахремчик О.Л. ВЫДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЙ В БАЗЕ ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ.....	196
---	-----

## **IT ГЛАЗАМИ ШКОЛЬНИКА**

Фортыгина С.Н. ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМ В НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЕ.....	204
---	-----

## ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 004:378.046.4

### МЕТОДИКА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРАКТИКАНТОВ ПРИНЦИПУ РАБОТЫ ЗА ГАЗОВЫМ ХРОМАТОГРАФОМ С ПОШАГОВЫМ РУКОВОДСТВОМ ЭТАПОВ ДЕЙСТВИЙ

### TECHNIQUE FOR TRAINING OF PROBATIONERS IN THE PRINCIPLE OF WORK BEHIND THE GAS CHROMATOGRAPH WITH THE STEP-BY-STEP MANAGEMENT OF STAGES OF ACTIONS

Заболотная Е.В., Ткаченко О.Ю.,  
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева  
г. Москва, Российская Федерация

E.V. Zabolotnaia, O.Y. Tcacenco,  
D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,  
Moscow, Russian Federation

e-mail: zabolotnaya.e@inbox.ru

**Аннотация.** Проведен анализ отечественного и зарубежного опыта использования хроматографии в химическом образовании и на его основе определены научные подходы к изучению в университете научных инструментальных методов исследования веществ и, в частности, хроматографии. Создан учебно-методический комплекс в виде пошагового руководства для изучения хроматографии на практике, включающий системно-организованный хроматографический эксперимент, целесообразный для использования на практике, а также разработаны и подобраны соответствующие методы, организационные формы и средства обучения. Установлен порядок проведения анализа в соответствии с методикой, указанной в нормативной документации (ГОСТ, ТУ) на исследуемый продукт, с применением параметров анализа при работе с соответствующим хроматографом. Изучены настройки режима прибора необходимые для конкретной методики и передачи заданной конфигурации хроматографу. Предоставлено полноценное поэтапное руководство по эксплуатации прибора студентам, планирующим в дальнейшем более глубокое изучение инструментальных методов анализа с реальной возможностью ознакомления практикующихся студентов с одним из современных методов анализа веществ. Разработан и подобран соответствующий план, организационные формы и средства обучения которого, направлены на создание условий для формирования у студентов представлений о методе и его возможностях.

**Abstract.** The analysis of domestic and foreign experience of use of a chromatography in chemical education is carried out and on its basis scientific approaches to studying at the university of scientific tool methods of a research of substances and, in particular, a chromatography are defined. The educational and methodical complex in the form of the step-by-step management for studying of a chromatography in practice including the system and organized chromatographic experiment expedient for use in practice is created

and also the corresponding methods, organizational forms and tutorials are developed and picked up. The order of carrying out the analysis according to the technique specified in standard documentation (GOST, the specification) the studied product with use of parameters of the analysis during the work with the corresponding chromatograph is established. Settings of the mode of the device necessary for a concrete technique and transfer to the set configuration for the chromatograph are studied. The full stage-by-stage operation manual on the device is provided to the students planning further deeper studying of tool methods of the analysis with real access of the practicing students to one of modern methods of the analysis of substances. The corresponding plan which organizational forms and tutorials are allocated for creation of conditions for formation at students of ideas of a method and its opportunities is developed and chosen.

**Ключевые слова:** образование, дистанционное обучение, теоретические и практические основы газовой хроматографии, руководство работы, идентификация основного вещества и микропримесей, хроматографический анализ.

**Keywords:** education, distance learning, theoretical and practical bases of a gas chromatography, management of work, identification of the main substance and microimpurity, chromatographic analysis.

Современные инструментальные методы исследования веществ играют большую роль в химической науке, однако они практически не находят отражения в практическом курсе химии студентов. Хроматография – экспериментальный метод разделения веществ, основанный на распределении молекул или ионов между подвижной и неподвижной фазами (НФ). В настоящее время разработано много разновидностей этого метода, которые позволяют разделять твердые, жидкие и газообразные вещества, определять микроколичества веществ в смеси, идентифицировать вещества.

Такое положение вещей связано с тем, что еще не разработаны общие подходы к изучению современных инструментальных методов исследования веществ, в частности и хроматографии. В связи с развивающейся дифференциацией высшего образования сложились благоприятные условия, позволяющие говорить о существовании реальной возможности изучения хроматографии в стенах университета [1]. Таким образом, важность данного руководства обусловлена возрастающим значением инструментальных методов исследования веществ в химической науке и производстве, их применением в медицине, экологии и других областях деятельности человека и вытекающей из этого необходимости формирования у студентов представлений о наиболее доступных методах, а также существованием реальной возможности ознакомления практикующихся студентов с одним из современных методов анализа веществ – газовой хроматографией (ГХ). Вся разработка заключается в использовании средств обучения и методики для изучения хроматографии на производственной практике студентами, как дистанционно [2], так и при личном обращении к специалисту. Если в соответствии с целями обучения химическим методам анализа на разных уровнях отобрать эксперимент по хроматографии, разработать и подобрать соответствующие методы, организационные формы и средства обучения, то можно создать условия для формирования у студентов представлений о методе и его возможностях, т.к. учебные задачи и средства их решения будут адекватны друг другу [3].

Газовый хроматограф работает согласно общим принципам хроматографии. Это значит, что элементы смеси распределяются между двумя фазами: подвижной

(элюентом) и неподвижной (НФ). Для газового хроматографа характерно проведение исследований, где в качестве подвижной фазы выступает газ или пар. Чаще всего в качестве элюента выступают гелий, водород и азот. Неподвижной фазой может быть как твердое тело, так и жидкое вещество[4].

### Порядок исследования смесей в газовом хроматографе

Само исследование смесей в газовом хроматографе выглядит следующим образом:

– Поступление пробы в устройство ввода. Небольшое количество исследуемого вещества помещается в устройство ввода при помощи специального дозатора. Здесь же происходит испарение жидких проб с последующим поступлением в хроматографическую колонку.

– Разделение смеси на монокомпоненты. Смесь делится на отдельные элементы при одновременном протекании процессов сорбции-десорбции веществ между элюентом и неподвижной фазой.

– Перемещение в детектор монокомпонентов и газа-носителя. Здесь происходит регистрация веществ, которые по своим физико-химическим свойствам отличаются от газа-носителя, и преобразование их в электросигнал.

– Усиление электрического сигнала и преобразование его в аналоговое напряжение. На этом этапе данные получают цифровую форму.

– Составление хроматограммы. Регистратор (как правило, это ПК) выстраивает график зависимости сигнала от времени (рисунок 1). Этот график принято называть хроматограммой [5].

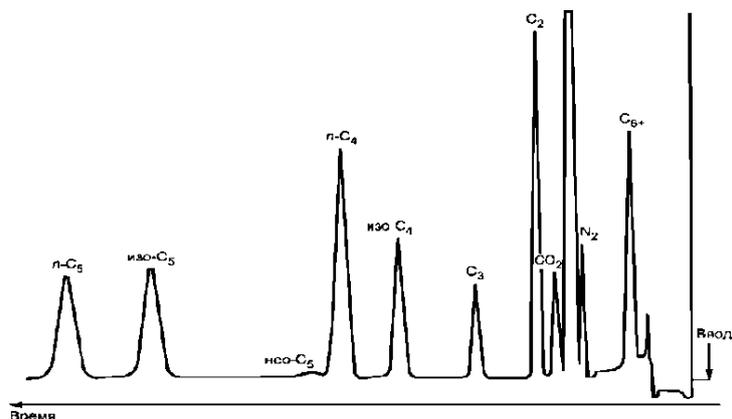


Рисунок 1. Хроматограмма выхода пиков компонентов анализируемого вещества

### Руководство этапов работы за хроматографом

Подразумевается работа студентов за газовым хроматографом серии «Хроматэк-Кристалл 5000» страна изготовитель Россия в унифицированном исполнении и в соответствующем обеспечении «Хроматэк Аналитик 2.6» [6]. Этот прибор сочетает в себе лучшие разработки прежних моделей, новые инженерные решения и современный дизайн, все это позволяет сделать работу по-настоящему комфортной и простой.

### Порядок проведения анализа

Выполнить анализ в соответствии с методикой, указанной в нормативной документации (ГОСТ, ТУ) на исследуемый продукт. Анализ проводится с применением пламенно-ионизационного детектора (ПИД) или детектора по теплопроводности

(ДТП). Параметры анализа при работе с соответствующим детектором задаются вручную, согласно нормативной документации (рисунок 2, 3) [7].

### Режим хроматографа

В меню **Режим** выберите команду **Хроматограф** или на панели инструментов нажмите соответствующую кнопку.

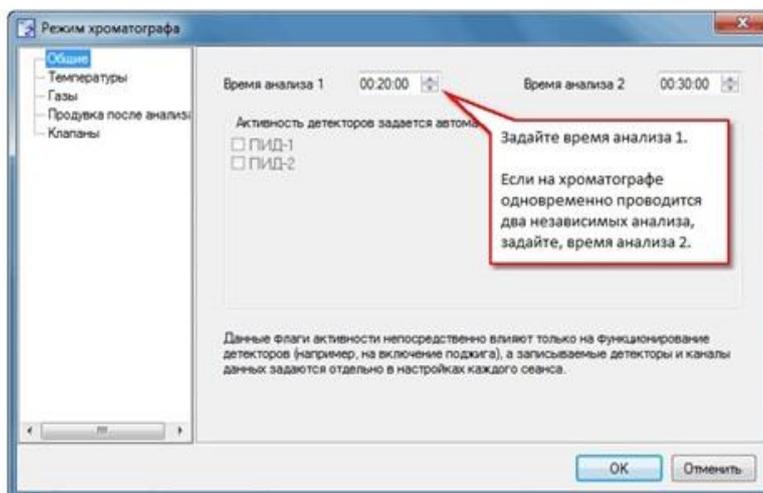


Рисунок 2. Диалог «Режим хроматографа». Задание времени анализа

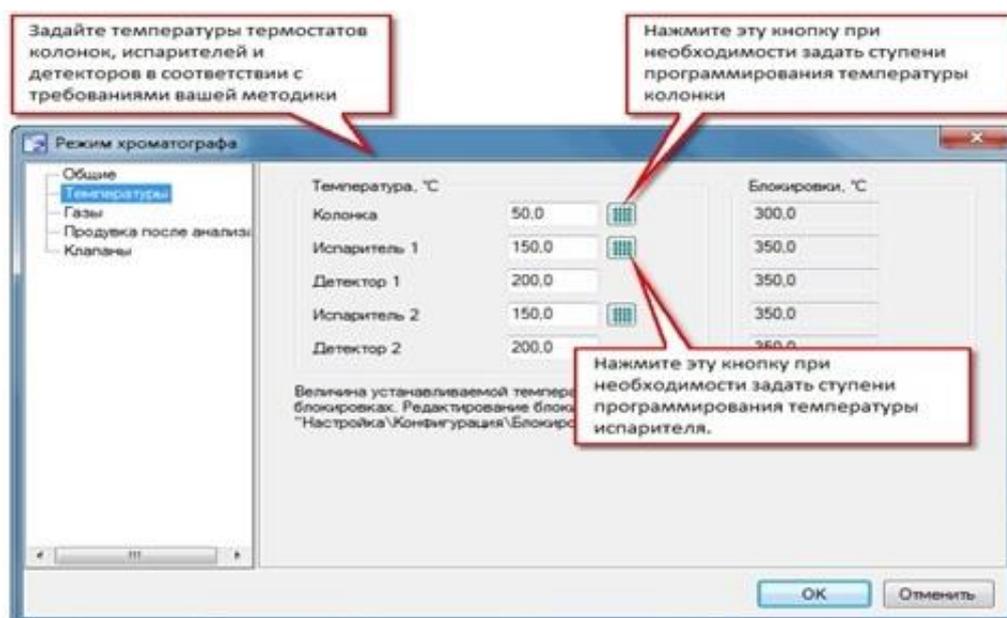


Рисунок 3. Диалог «Режим хроматографа». Задание температуры

– При вводе пробы микрошприц промыть анализируемым образцом не менее 10-ти раз, убедившись в отсутствии пузырьков воздуха. Иглу шприца с пробой ввести в испаритель, расположенный в верхней части блока хроматографа, до упора. Впрыснуть пробу. Нажать кнопку «Старт». На панели управления хроматографа загорится лампочка «Анализ», время этапа на табло обнулится, в окне «ТМ-- ... Хроматэк Прибор» появится диаграмма синего цвета и окно «Паспорт» (рисунок 4).

– В окне «Паспорт» заполнить поля «Наименование объекта», «Тип оборудования», «Диспетчерское наименование» с помощью кнопки . Окно

«Паспорт» закрывается, а на экране появится хроматограмма анализа. Следить за ходом анализа по хроматограмме.

#### Заполнение паспорта метода

-  В меню **Метод** выберите команду **Создать**, или на боковой панели инструментов нажмите соответствующую кнопку.
-  В программе **Хроматэк Аналитик** создается новый метод, на экране появляется диалог **Паспорт**.

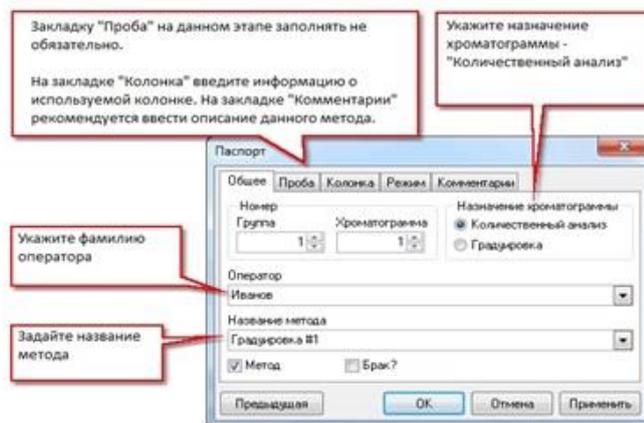


Рисунок 4. Заполнение паспорта

– После выхода стандарта и исследуемых компонентов (время выхода указано в методике анализа) остановить анализ с помощью кнопки «СТОП» (рисунок 5). На цифровом индикаторе хроматографа время этапа обнулится, погаснет лампочка «Анализ», загорится лампочка «Допуск».

Хроматограф переходит в режим «Продувка». Об этом в нижней части окна сигнализирует надпись «Подготовка». Время продувки и выхода на режим: 5-7 минут. О выходе хроматографа на режим сигнализируют: надпись ГОТОВНОСТЬ (рисунок 5) внизу окна «ТМ-- ... Хроматэк Прибор», зеленый индикатор «ГОТОВ» на панели управления хроматографа. Прибор готов к дальнейшему проведению анализа.



Рисунок 5. Панель управления хроматографа

#### Расчет исследуемых компонентов

– В окне «Хроматэк Прибор» выбрать иконку  «Запуск программы Хроматэк Обзор». Откроется окно «Хроматэк Обзор» с полученной хроматограммой. Если производятся последующие анализы, то хроматограмму необходимо выбрать клавишами:

-  «Первая хроматограмма»,  «Последняя хроматограмма»,
-  «Предыдущая хроматограмма»,  «Последующая хроматограмма»

в окне «Хроматэк Обзор». Параллельно можно открыть новое окно с готовыми хроматограммами и проводить расчёты.

– В окне «Хроматэк Обзор» открыть окно «Обработка по методу» , заранее нами созданному методу. Выбрать методику с помощью кнопки .

– Откроется окно «Одиночная операция», которое после окончания расчета исчезнет. На хроматограмме выделится пик и его расчетная площадь, а в нижней части окна «Хроматэк Обзор» – расчетная величина компонента (площадь, высота пика, концентрация).

Примечание: в случае некорректной обработки полученных данных или невозможности автоматического расчёта хроматограммы выполнить:

– В окне «Хроматэк Обзор» выбрать иконку  «Удаление пиков». Откроется окно «Удаление пиков» с критериями удаления.

– В окне «Удаление пиков» выбрать «Все на хроматограмме» с помощью кнопки . Разметка пиков на хроматограмме исчезнет.

– Произвести разметку пиков, удерживая кнопку ; одновременно курсор мыши установить на начало пика, нажать и удерживать левую клавишу и довести курсор до конца пика. Начало и конец пика объединит линия, а над пиком пропишется время его выхода. Величина времени пика появится и в нижней части окна «Хроматэк Обзор».

### Предоставление отчётов

Записать результаты измерений в «Журнал регистрации результатов анализа. Лаборатория инструментального анализа. Хроматографические методы». Результаты сохраняются автоматически в программе «Хроматэк Кристалл 5000.2» в графе отчёты и заданной командой выводятся на печать нужные разделы (рисунок 6).

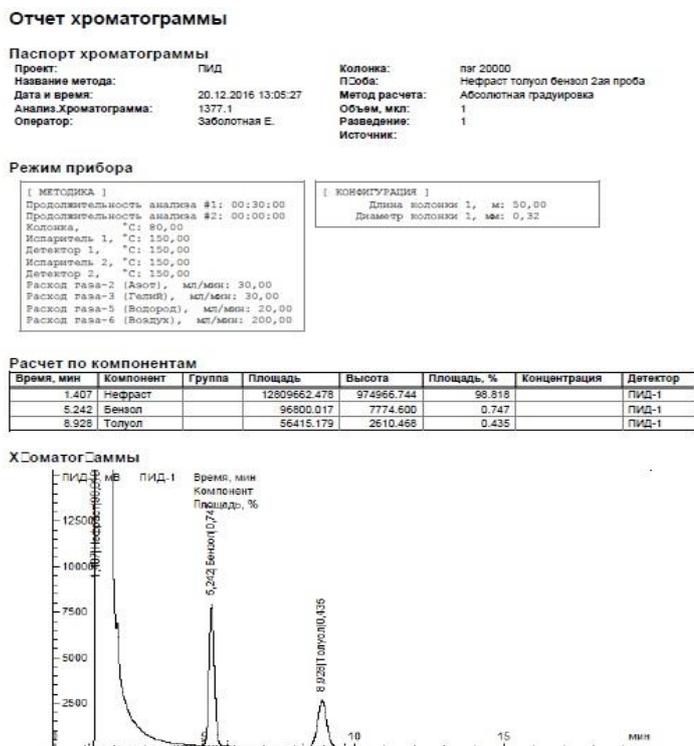


Рисунок 6. Отчёт «Хроматограмма и результаты расчёта компонентов»

После окончания проведения анализов в окне «Хроматэк Прибор» открыть окно проведения измерений. Открыть окно  «Охлаждение прибора». В режиме «Охлаждение прибора» происходит плавное снижение температуры газовых колонок с

продувкой газом-носителем, т.е. недопущение спекания сорбирующих элементов газовых колонок [8, 9]. Отключение хроматографа без режима «Охлаждение прибора» категорически запрещено.

С помощью кнопки  закрыть окно «Охлаждение прибора». Появятся параметры режима охлаждения, на панели управления хроматографа время этапа обнулится.

После снижения температуры колонки менее 40°C (контроль осуществляется по показаниям в окне проведения измерения) отключить хроматограф тумблером «Сеть» в нижнем правом углу лицевой панели хроматографа.

После отключения хроматографа необходимо в следующей последовательности: отключить генератор водорода и компрессор, затем перекрыть газ-носитель.

В случае, когда хроматограф не используется в течение длительного времени (10 дней и более), его необходимо накрыть полимерной пленкой для защиты от пыли.

## Выводы

Была разработана методика в виде видеоурока для самостоятельного обучения практикантов, бакалавров и магистрантов по теме: «Принципы работы газового хроматографа с пошаговым руководством этапов действий». Данное руководство по принципу видеоурока ясно описывает методику формирования у студентов представления о сущности хроматографии в виде обучения и умений проведения хроматографического эксперимента, предполагающую использование специально разработанных средств наглядности [10].

## Литература

1. Яшин Я.И., Яшин Е.Я., Яшин А.Я. Газовая хроматография. М.: Транслит, 2009. – С. 528.
2. Интеграция с ЛИУС Программное обеспечение. Интеграция с ЛИУС «Химик Аналитик» (<http://www.chemsoft.ru>) дата обращения 18.01.2019 г.
3. Разумеева В.Н. Разработка средств обучения и методики их использования для изучения хроматографии в курсе химии средней школы. Автореферат дис. кандидата педагогических наук: 13.00.02 / Ин-т общего среднего образования. – Москва, 1995. – С. 19.
4. Рекомендации по проведению анализа по ГОСТ 30536-2013 (ГОСТ Р 51698).
5. Другов Ю.С., Родин А.А. Газохроматографический анализ газов. СПб.: Анатолия, 2001. – С. 426.
6. Программное обеспечение «Хроматэк Аналитик» 2.6 Руководство пользователя 214.00045-51И, С. 164.
7. Столяров Б.В., Савинов И.М., Витенберг А.Г. и др. Практическая газовая и жидкостная хроматография. СПб.: С.-Петербургский университет, 2002. – С. 616.
8. Другов Ю.С., Родин А.А. Мониторинг органических загрязнений природной среды/ СПб.: Наука, 2004. – С. 808.
9. Другов Ю.С., Родин А.А. Газохроматографический анализ загрязненного воздуха. М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2006. – С. 528.
10. Система дистанционного обучения WebTutor (<https://is.gd/fLQMzp>) дата обращения 18.01.2019 г.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 004

### IMPACT ANALYSIS OF THE RESERVOIR-PENETRATION DEGREE BY HORIZONTAL WELLS ON THE RESERVE RECOVERY OF THE KAMENNOMYSSKOYE-SEA GAS FIELD

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ВСКРЫТИЯ ПЛАСТА ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СКВАЖИНАМИ НА ВЫРАБОТКУ ЗАПАСОВ ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАМЕННОМЫССКОЕ-МОРЕ

R.V. Ahmadeev, E.F. Moiseeva,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

Ахмадеев Р.В., Моисеева Е.Ф.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

e-mail: roman.ahmadeev.96@mail.ru

**Abstract.** An efficiency gain of the oil-and-gas recovery, which is among the main natural resources of the planet against the background of continuous demand growth, is always true. In our time of high development level of computing technologies using the software packages on the hydrodynamic simulation is possible for solving many problems on creation of the most efficient field development project. One of these tasks is the selection of the optimal penetration degree of the gas-saturated portion of reservoir at which the reserve recovery is maximum. During the study, the fields of permeability, porosity, gas saturation, water saturation, relative permeabilities and other geological description, well stock and development parameters of the Kamennomyskoye-sea field were considered; the hydrodynamical model of uniform and non-uniform reservoir with different reservoir penetration degrees by horizontal wells was constructed. Impact of the penetration degree on volume of the drained reserves and the water-free development stage was studied. The non-reservoir influence in the bottomhole formation zone on the field development parameters is analyzed. The maximum efficiency of the field development was determined under well drilling operations at different depths in one circular drill round. Therefore, in compiling the following projects, it is necessary to consider the use of various penetration degrees.

**Аннотация.** Повышение эффективности добычи нефти и газа, которые являются одними из основных природных ресурсов планеты, на фоне постоянного роста спроса всегда актуально. В наше время высокого уровня развития компьютерных технологий возможно с использованием пакетов программ по гидродинамическому моделированию решить множество задач по созданию наиболее выгодного проекта разработки месторождения. Одной из таких задач является выбор оптимальной степени вскрытия газонасыщенной части пласта, при которой выработка запасов максимальна. В процессе исследования рассмотрены поля проницаемости, пористости, газонасыщенности, водонасыщенности, относительные фазовые проницаемости и другая геологическая характеристика, фонд скважин и технологические показатели

разработки месторождения Каменномысское-море, построена гидродинамическая модель однородного и неоднородного коллектора с различными степенями вскрытия пласта горизонтальными скважинами. Изучено влияние степени вскрытия на объем дренируемых запасов и безводного периода разработки. Проанализировано влияние неколлектора в призабойной зоне пласта на показатели разработки месторождения. Определена максимальная эффективность разработки месторождения при проводке скважин на разные глубины в одной круговой батарее. Поэтому при составлении следующих проектов нужно рассматривать применение различных степеней вскрытия.

**Keywords:** penetration degree, drained gas reserves, water-cut, reserve recovery, non-reservoir, horizontal well, and gas saturation.

**Ключевые слова:** степень вскрытия, дренируемые запасы газа, обводненность, выработка запасов, неколлектор, горизонтальная скважина, газонасыщенность.

One of the important stages in the field development is the selection of the optimal reservoir-penetration degree, at which the field development will be the most profitable. To solve this task, we consider the hydrodynamic model of the pool site in and around the well cluster A. We will do our study on a mathematical model of two-phase filtration. As a research tool, we use the Tempest-More, version 7.0.2 hydrodynamic simulation package [2].

Let us simulate the pool area of  $8000 \times 8000 \times 100$  m in size. Initial gas saturation of the reservoir is  $S_g = 0,95$  fr.unit. Initial reservoir pressures and temperature:  $P_0 = 10,3$  MPa,  $T_0 = 28,5^\circ\text{C}$ . The properties of formation fluids and relative permeabilities are given in the project [1, pp. 18-20]. The water-bearing horizon (aquifer) is connected to the model from below with the following characteristics: depth – 1050 m; permeability – 100 mD; porosity – 0,25; compressibility (the sum of water and rock properties) – 0,000035 1/bar; the inner radius (approximately equal to the outer radius of the reservoir) – 4000 m; aquifer angular strike –  $360^\circ$ ; height – 140 m; initial aquifer pressure is balanced with the initial reservoir pressure; water viscosity – 0,395 cPoise. There are 20 producing horizontal wells in the pool site, since we took a small site relatively the entire field, then to get the drainage region dependence from the penetration degree, we'll simulate only 8 with the drill round radius of 2000 m. The maximum calculation period was set at 30 years. In the simulation it was assumed that all producing wells are being put into operation simultaneously.

In the our series of tasks, a non-uniform by layers reservoir will be considered with non-reservoir sites. Fields of permeability and porosity are presented in the project [1, pp. 8-16]. The initial volume of gas in place model is 136,7 bln.  $\text{m}^3$ . The permeability of the water-bearing horizon will be reduced to 50 mD. The maximum calculation period is 30 years. We impose a limitation by production rate – 1,77 mln.  $\text{m}^3$  on producing wells. Consider the six development variants in increasing order of 10%, 20%, 50%, 60%, 70%, 100% penetration degrees.

Dependence of the minimally drained gas reserves from the reservoir penetration degree obtained on basis of created geological model of the non-uniform pool is presented in Table 1.

Table 1 – Reservoir penetration degree and the minimum drained gas reserves by the non-uniform model

Penetration degree	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Drained reserves, %	18,9	36,1	45,5	63,6	73	73	79,3	85	94,1	1

Consider the gas saturation distribution at the end of the calculation period in Figure 1. It is clearly seen how water displaces gas from the lower pool sections, which are located under the permeable reservoir zones, leaving half undeveloped gas reserves under the non-reservoir. With increasing in the penetration degree up to 70-100%, the amount of remaining gas in the lower bed decreases.

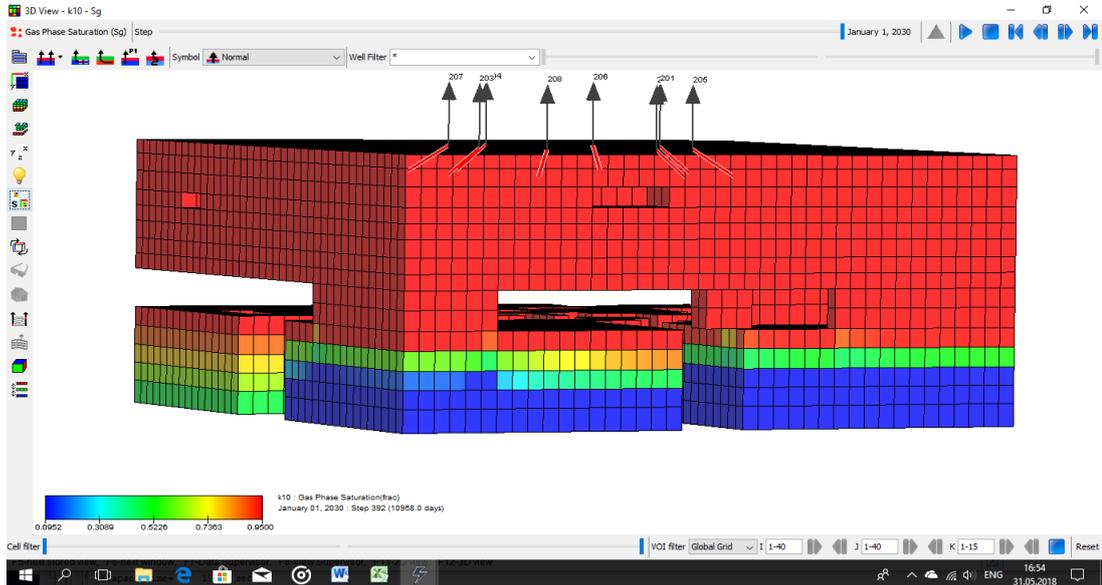


Figure 1. Cube of current gas saturation by end of calculation period for first development variant

Figure 2 present graphs of the development parameters.

Let's analyze the graphs of the total gas production rate. The graphs show that the selection of reserves depends on the length of the well section that has penetrated the non-reservoir and from on the water breakthrough.

The longest period of constant maximum total production rate at 10% penetration degree, at which the entire horizontal well section is in a permeable bed.

This gap decreases with an increase of the non-reservoir share in the bottomhole zone in the following sequence: 50, 60, 70, 20%; and the smallest period of time at 100% due to strong water breakthrough. In end of the calculation period, the gas production rate is in ascending order: first, third, second, fourth, fifth, sixth development variants. At 70 and 100 %, the undeveloped gas reserves under the non-reservoir are sampled, so the production rates are higher at the end.

Consider graphs of gross gas production. Up to 14<sup>th</sup> year they are the same in the stationary recovery period. In the fifth development variant is the largest gas production. At 100% penetration degree it is significantly reduced due to strong water breakthrough. At 50 and 10% the gas production is even less due to non-drainage of gas reserves under the non-reservoir. At 20 and 60%, the reserve recovery is further reduced by increasing the non-reservoir share in the bottomhole zone.

By water production graphs, wells are going to water in the fifth development variant on the 29<sup>th</sup> year and in the sixth in the 4<sup>th</sup> year of the calculation period.

Water breakthrough implies additional costs for equipment for gas from water separation.

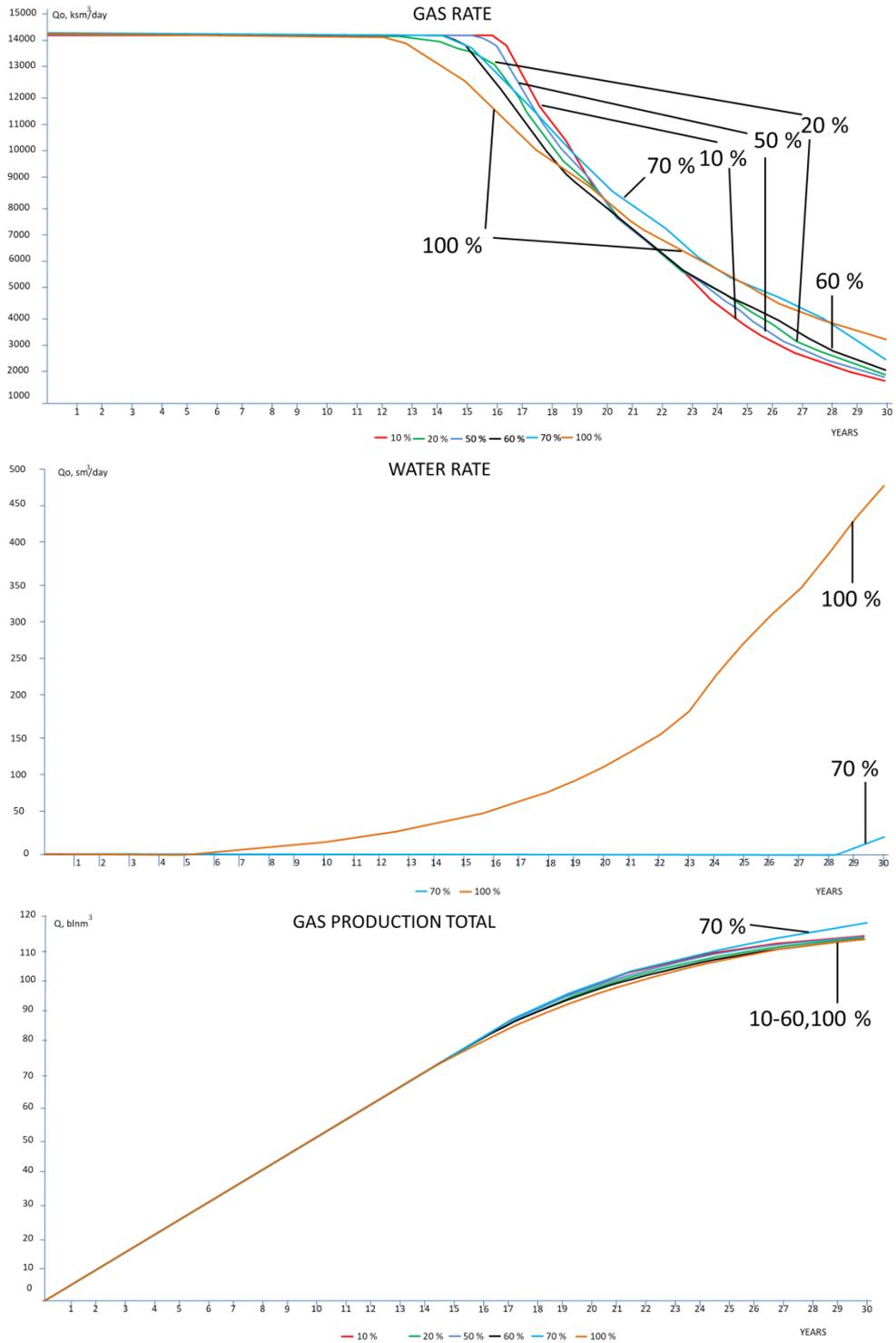


Figure 2. Graphs of total gas and water production rate from all wells and of gross gas production of second series of tasks

We will simulate the seventh development variant with different penetration degrees of the wells for increasing the water-free stage and the reserve recovery. Let's take the third development variant and lower the wells 206 and 201, which drain the zone under the non-reservoir at 70% penetration degree. Consider the distribution of the lower bed gas saturation at end of the calculation period for the third, fifth and seventh development variants in

Figure 3. The figure shows that in the seventh development variant we were able to reach the reserve recovery of the lower bed as in the fifth one.

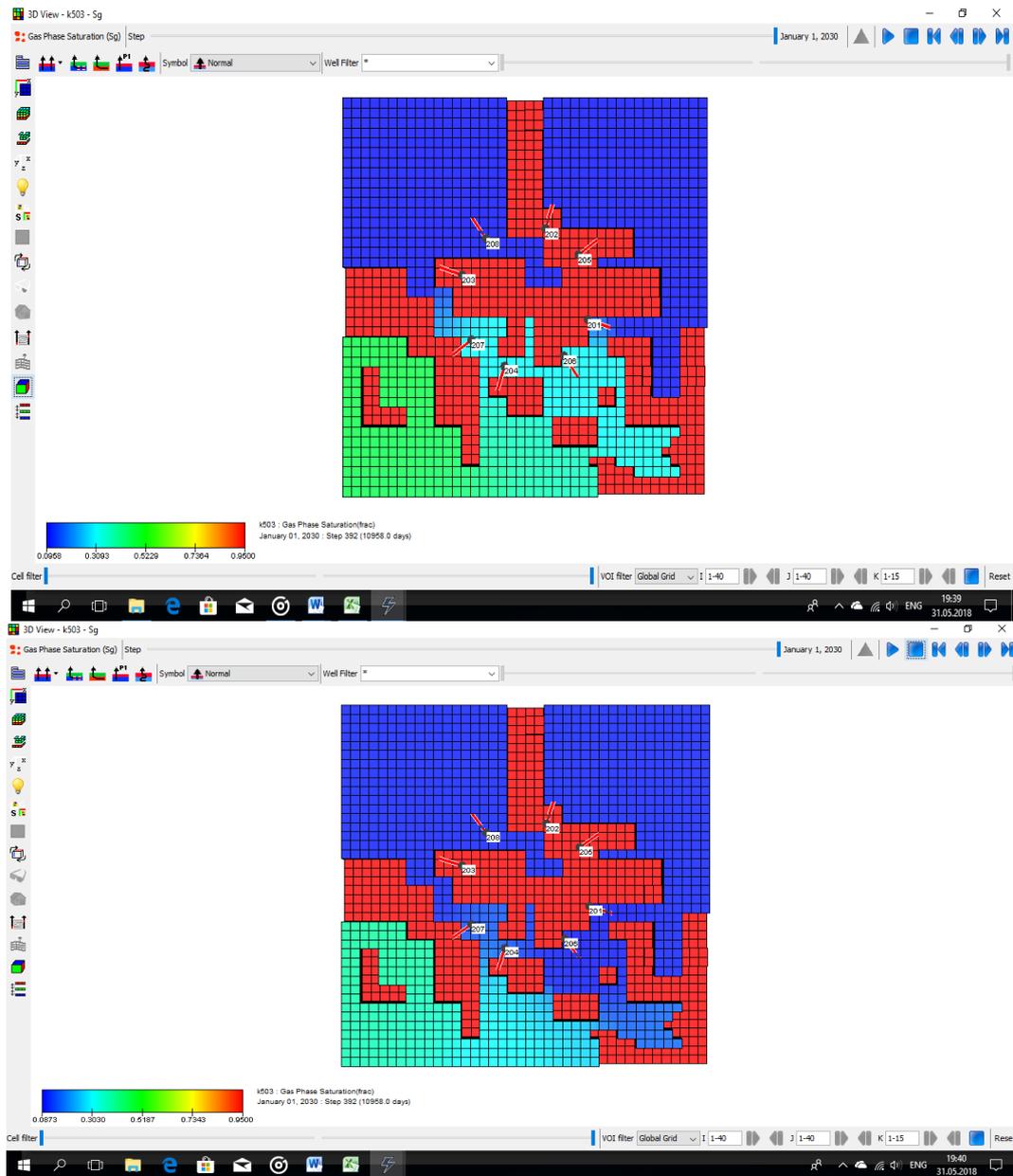


Figure 3. Cube of current gas saturation of the lower bed to end of calculation period for third, fifth and seventh development variants

Let's analyze dynamics of the development parameters for the third, fifth, seventh development variants in Figure 4.

The graphs show that in the seventh development we increased the recovery rate and reserve recovery and reduced the water production.

Thus, the development variant in which the reservoir penetration is 50 and 70% of the gas net pay is most advantageous, because with increasing well depth they are going to water, thus increasing the capital costs on the field facilities construction; while decreasing, the volume of drained reserves decreases.

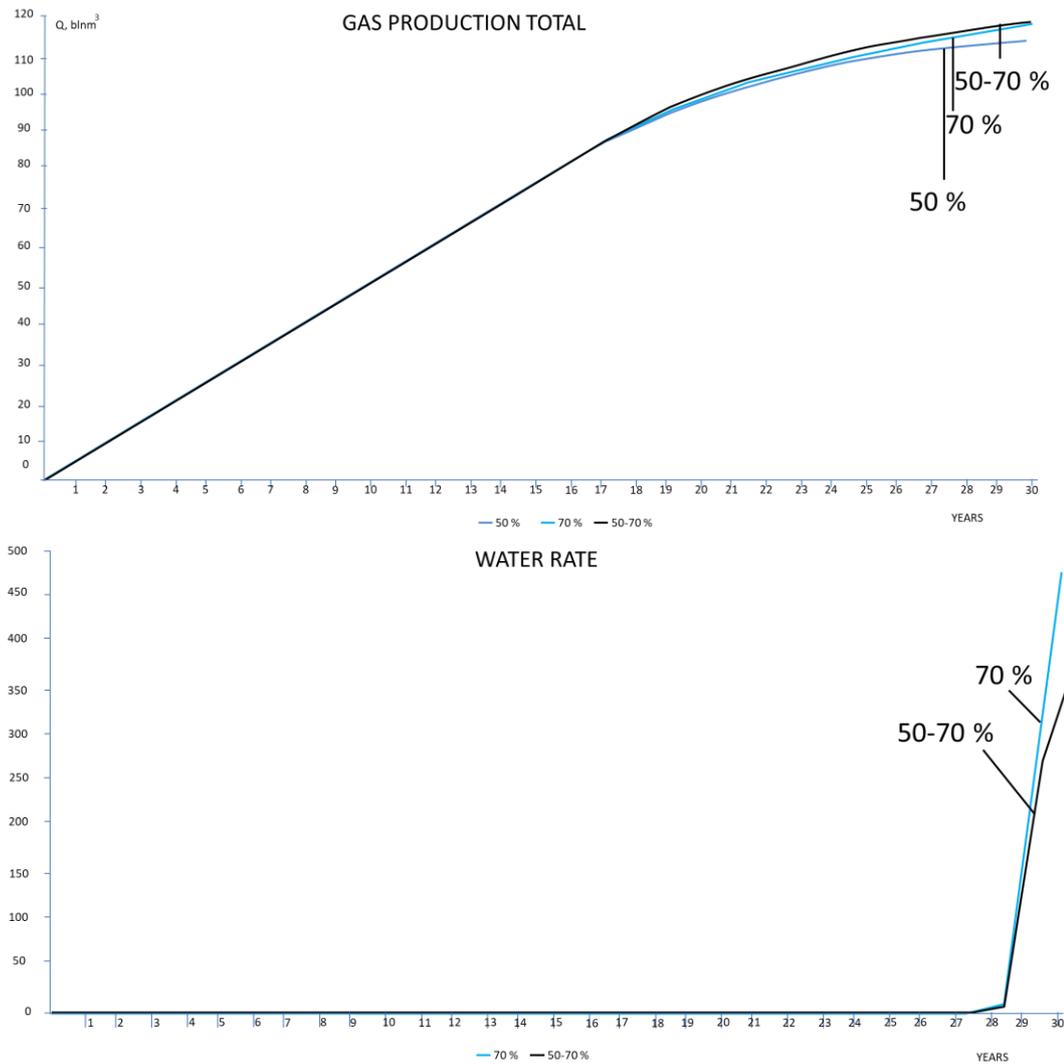


Figure 4. Graphs of gross gas production and of total water production rate of third, fifth and seventh development variants

## Findings

In the present work, the following factors depending on the penetration degree and influencing the reserve recovery were studied: the drainage region of wells, the water-free production stage, the non-reservoir share in the bottomhole zone.

By the results of the constructed hydrodynamic models was proved that at the recommended range of 50-65% reservoir-penetration degrees the field development is most beneficial. However, significant share increase of the recoverable reserves was reached in the development variant with penetration degrees in six wells of 50% and at two wells – 70%. Therefore, in compiling the following projects, it is necessary to consider the use of various penetration degrees.

## References

1. Engineering development project of the Cenomanian sediments of the Kamennomyskoye-sea gas field, Moscow: Gazprom VNIIGAZ LLC, 2015, p. 8-20.
2. Tempest-MORE 6.7 User's manual. ROXAR, 2011, 152 p.

УДК 004.7

**СТРУКТУРНЫЕ КОРРЕКЦИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ УЗЛОВ  
ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ УХОДА ЗАЯВОК  
ПРИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ВТОРЖЕНИЯХ****STRUCTURAL CORRECTIONS OF COMPUTER NODES  
FOR MINIMIZING RISKS OF REQUEST DEPARTURE  
WITH UNAUTHORIZED INVASIONS**

Ткаченко К.С.,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

г. Севастополь, Российская Федерация

K.S. Tkachenko,

FSAEI HE “Sevastopol state university”, Sevastopol, Russian Federation

e-mail: KSTkachenko@sevsu.ru

**Аннотация.** Современные программно-аппаратные комплексы, ввиду их высокой сложности, особенно подвержены несанкционированным вторжениям. Такие вторжения приводят к тому, что компьютерные узлы лишаются возможности вовремя обрабатывать заявки и заявки покидают систему преждевременно. Поэтому предлагается подход по коррекции структуры компьютерных узлов на основе систем массового обслуживания для эффективного уменьшения рисков от преждевременных уходов заявок. В основе подхода лежит способ построения аналитической модели системы массового обслуживания компьютерного узла. Рассматриваются многоканальные системы с ограниченной емкостью буфера. Считается, что входной поток заявок имеет априори известную неизменную интенсивность, а производительность обработки заявок может изменяться. Для такого узла можно оценить загрузку системы, загрузку канала, вероятность простоя, среднюю длину очереди и некоторые другие характеристики. Для уменьшения рисков, возникающих от несанкционированных вторжений в компьютерных узлах, необходимо сократить очередь заявок на обработку. На основе аппроксимации характеристик получают эффективные вычислительные процедуры их оценки, что позволяет выполнять определение нужной для заданной ситуации производительности. Полученные результаты позволяют выполнять построение эффективных, потребляющих малое количество ресурсов, специализированных программно-аппаратных детекторов.

**Abstract.** Modern software and hardware systems, in view of their high complexity, are especially prone to unauthorized intrusions. Such intrusions lead to the fact that computer nodes are deprived of the opportunity to process requests in time and requests leave the system prematurely. Therefore, an approach is proposed for correcting the structure of computer nodes on the basis of queuing systems to effectively reduce risks from premature departures of requests. The approach is based on a method for constructing an analytical model of a computer node queuing system. Multi-channel systems with limited buffer capacity are considered. It is believed that the input flow of applications has a priori known constant intensity, and the processing performance of applications may vary. For such a node, you can estimate the system load, the channel load, the probability of downtime, the average queue length and some other characteristics. To reduce the risks arising from unauthorized

intrusions in computer nodes, it is necessary to reduce the queue of requests for processing. Based on the approximation of the characteristics, effective computational procedures for their evaluation are obtained, which makes it possible to determine the performance required for a given situation. The results obtained allow the construction of efficient, consuming a small amount of resources, specialized software and hardware detectors.

**Ключевые слова:** компьютерные узлы, системы массового обслуживания.

**Keywords:** computer nodes, queuing systems.

Действия систем обнаружения вторжений должны быть приближены к человеческим [1]. Это может быть обеспечено вариативным формированием детализации информационной базы о функционировании контролируемых систем. Для обобщенного анализа всей имеющейся информации требуются как сигнатурные методы, так и статистические. Это повысит эффективность работы по обнаружению вторжений.

Адаптивные системы обнаружения вторжений хранят статистики информации [2]. Методы оценки ситуаций основаны на измерениях параметров инфраструктуры сетей. Точность оценки зависит от числа точек контроля. Множественные сетевые события носят хаотический характер. Для формирования общей картины, в том числе и по ложным срабатываниям, необходимы специализированные методы анализа.

Современные алгоритмы искусственного интеллекта являются комбинациями других алгоритмов [3]. Вычислительные модели, предназначенные для обнаружения атак, в любом случае допускают ошибки первого и второго рода. От качества детекторов зависит эффективность обнаружения вторжений. Алгоритмам-детекторам требуется масштабируемость.

Целью настоящей работы является разработка подхода, на основе которого возможно производить коррекцию параметров компьютерных узлов, подвергающихся несанкционированным воздействиям.

Для эффективной работы и масштабируемости можно использовать аналитические модели компьютерных узлов на основе систем массового обслуживания (СМО) [4-9]. Для уменьшения рисков, возникающих от несанкционированных вторжений в компьютерных узлах, необходимо уменьшать очередь заявок на обработку. Поэтому подходит модель типа М/М/К/Н. В этой СМО имеется К каналов обработки, N заявок в очереди, интенсивность входного потока заявок  $\lambda$ , производительность обработки заявок  $\mu$ . Расчет может производиться по соотношениям:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{\mu}, \\ \rho_s &= \frac{\rho}{K}, \\ p_0 &= \left[ 1 + \sum_{j=1}^{K-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^K (1 - \rho_s^{N+1})}{K! (1 - \rho_s)} \right]^{-1}, \\ L_q &= \frac{\rho^{K+1}}{K \cdot K!} \cdot \frac{1 - \rho_s^N \cdot (N + 1 - \rho_s N)}{(1 - \rho_s)^2} \cdot p_0. \end{aligned} \quad (1)$$

В формулах (1)  $\rho$  – загрузка СМО,  $\rho_s$  – загрузка канала,  $p_0$  – вероятность простоя,  $L_q$  – средняя длина очереди.

В общем случае оценка важнейшего для рассматриваемого случая отклика –  $L_q$  – средней длины очереди – затруднительна для программной реализации на встраиваемом оборудовании для организации повторяющихся расчетов в реальном масштабе времени.

Поэтому предлагается фиксировать величины  $K/N$ . Например, при  $K=6, N=5$ :

$$L_q(\rho) = \frac{5\rho^{12} + 6\rho^{11} + 36\rho^{10} + 216\rho^9 + 1296\rho^8 + 7776\rho^7}{\rho^{12} + 5598720\rho^7 + 33545664\rho^6 + 46656\rho^5 + 466560\rho^4 + 2799360\rho^3 + 11197440\rho^2 + 27993600\rho + 33592320} \quad (2)$$

Для случая высокой загрузки, характерной для несанкционированных вторжений, соотношение (2) может быть записано в виде:

$$L_q(\rho) = \frac{\rho^7}{4320} - \frac{\rho^8}{6480} + \frac{\rho^9}{17280} - \frac{7\rho^{10}}{466560} + \frac{17\rho^{11}}{5598720} - \frac{\rho^{12}}{2624400}. \quad (3)$$

График функции  $L_q(\rho)$  (3) при  $\rho \in (0; 3]$  изображается на рисунке 1.

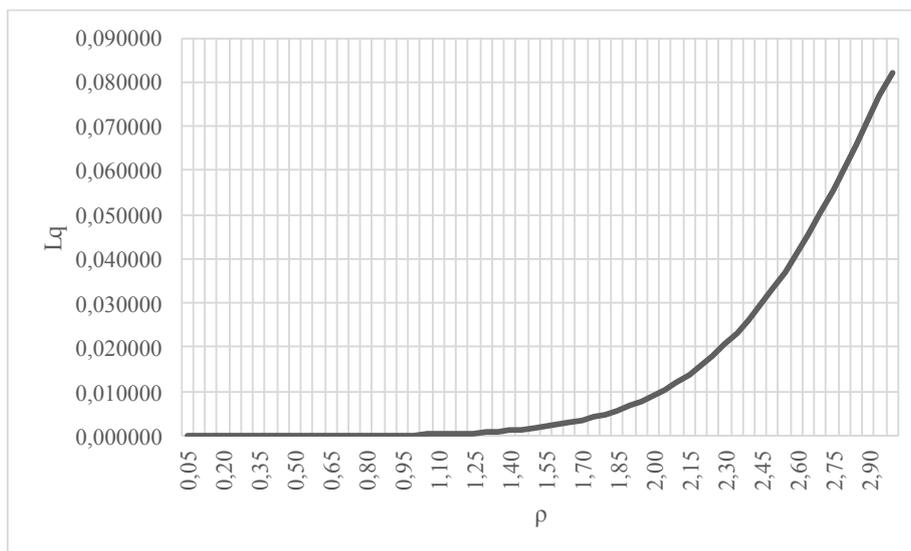


Рисунок 1. График функции  $L_q$  при  $\rho \in (0; 3]$

Рисунок 1 демонстрирует факт возрастания очереди при росте загрузки.

С опциями по умолчанию, оптимизацией по размеру (-Os) (x86-64 gcc 8.2) результат трансляции выражения (3) приводится на рисунке 2.

Рисунок 2 отображает возможность эффективной программной реализации, что позволит производить расчеты в реальном масштабе времени.

Для подбора эффективной производительности  $\mu$  при известной входной интенсивности  $\lambda$  необходимо решить уравнение:

$$\frac{dL_q(\rho)}{d\rho} = \frac{7\rho^6}{4320} - \frac{\rho^7}{810} + \frac{\rho^8}{1920} - \frac{7\rho^9}{46656} + \frac{187\rho^{10}}{5598720} - \frac{\rho^{11}}{218700} = \left[ \rho = \frac{\lambda}{\mu} \right] = 0. \quad (4)$$

Откуда получается:

$$\begin{aligned} \rho &\approx 3,2967, \\ \mu &\approx \frac{\lambda}{3,2967} \approx 0,3033\lambda. \end{aligned} \quad (5)$$

Линейный закон (5) позволяет значительно ускорить коррекцию, поскольку нахождение эффективной производительности сводится к нахождению вещественного частного от деления на константу, что может быть сведено к умножению на обратную константу.

```

double L_q(double rho) {
    return rho * (1 / 4320.0 - rho *
        (1 / 6480.0 + rho * (1 / 17280.0 - rho * (7 / 466560.0 + rho *
            (17 / 5598720.0 - rho / 2624400.0)))));
}

L_q(double):
    movsd   xmm1, QWORD PTR .LC1[rip]
    movapd  xmm2, xmm0
    divsd   xmm2, QWORD PTR .LC0[rip]
    subsd   xmm1, xmm2
    movsd   xmm2, QWORD PTR .LC3[rip]
    mulsd   xmm1, xmm0
    addsd   xmm1, QWORD PTR .LC2[rip]
    mulsd   xmm1, xmm0
    subsd   xmm2, xmm1
    movsd   xmm1, QWORD PTR .LC5[rip]
    mulsd   xmm2, xmm0
    addsd   xmm2, QWORD PTR .LC4[rip]
    mulsd   xmm2, xmm0
    subsd   xmm1, xmm2
    movapd  xmm2, xmm1
    movapd  xmm1, xmm0
    mulsd   xmm0, xmm1
    mulsd   xmm0, xmm2
    ret

.LC0:
    .long   0
    .long   1094976968

.LC1:
    .long   551059819
    .long   1053391011

.LC2:
    .long   2701882033
    .long   1055880935

.LC3:
    .long   3372344692
    .long   1057904442

.LC4:
    .long   816574029
    .long   1059338791

.LC5:
    .long   3372344692
    .long   1060001594

```

Рисунок 2. Исходный код на языке ассемблера (x86-64 gcc 8.2)

## Выводы

Полученный результат (5) хорошо иллюстрирует возможности по ускорению поддержки принятия решений в компьютерных узлах, подвергающихся несанкционированным вторжениям и от этого – высокой загрузке, что позволяет на основе полученных точечных оценок корректировать узловую производительность в реальном масштабе времени, в том числе и без участия экспертов и операторов. Риски, возникающих от несанкционированных вторжений в компьютерных узлах, снижаются при уменьшении очереди заявок на обработку. На основе полученной аппроксимации среднего числа заявок создаются эффективные вычислительные процедуры их оценки, позволяющие выполнять определение производительность обработки заявок.

## Литература

1. Андреев Н.О. Формирование и развитие угроз в информационных системах / Н.О.Андреев // Прикладная информатика, №6, 2006. С. 87-100.
2. Юркин Д.В. Системы обнаружения вторжений в сетях широкополосного радиодоступа стандарта IEEE 802.11 / Д.В.Юркин, В.Н.Никитин // Информационно-управляющие системы, №2 (69), 2014. С. 44-49.

3. Саламатова Т.А. О применении алгоритмов искусственного интеллекта в системах обнаружения вторжений / Т.А. Саламатова, В.Г. Жуков // Актуальные проблемы авиации и космонавтики, т.1, №11, 2015. С. 503-505.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. М.: Наука, 1969. 576 с.
5. Вишнеvский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишнеvский. М.: Техносфера, 2004. 512 с.
6. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. М.: Высш. школа, 1972. 368 с.
7. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. М.: Наука, 1966. 432 с.
8. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями / Л. Клейнрок. М.: Мир, 1979. 600 с.
9. Новиков О.А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А. Новиков, Б.В. Гнеденко, С.И. Петухов. М.: Советское радио, 1969. 398 с.

УДК 004:621.515.1

## АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ КОМПРЕССОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ

### THE CONTROL SYSTEM ALGORITHM OF CENTRIFUGAL COMPRESSOR UNIT

Трусов В.Е.,  
фрилансер, г. Казань

V.E. Trusov,  
Freelancer, Kazan City

e-mail: valetsoft@yandex.ru

**Аннотация.** При разработке и реализации проектов центробежных компрессорных установок, компримирующих газовую смесь в две стадии, а, именно, это: тандемы секций двухсекционного компрессора, тандемы однокорпусных компрессоров или компрессорных станций, у проектных институтов и/или компрессоростроительных предприятий возникает необходимость формирования корректного технического задания и закона регулирования, обеспечивающего оптимальные режимы безаварийной работы таких компрессорных установок. Как правило, компрессорные компании используют специальное программное обеспечение на всех этапах работ. Недоступное проектным институтам и специализированным предприятиям – разработчикам систем автоматического управления специальное программное обеспечение делает их полностью зависимыми от компрессорных фирм. При переменном давлении на приеме и нагнетании тандема, использовании приводов с регулируемой частотой вращения требуется большой объем расчетов напорных характеристик и их обработки. В то же время напорные характеристики отдельных компрессоров (секций) тандема на одном режиме по давлениям на приеме и нагнетании тандема являются обязательными к поставке в объеме технико-коммерческого предложения (расчетные) и по результатам газодинамических испытаний (экспериментальные). Целью автора стала разработка автономного (не требующего

дополнительных расчетов по специальным программам) приложения формата xls с интуитивно понятным интерфейсом в котором, в качестве исходных данных используются напорные характеристики компрессоров (секций) на одном режиме по давлениям на приеме и нагнетании тандема, при этом расчетно определяются оптимальные точки совместной работы на других режимах, в условиях переменных давлений на приеме и нагнетании тандема и формируется закон регулирования тандема.

Разработан универсальный и автономный кроссплатформенный программный пакет формирования алгоритма оптимального регулирования тандемов центробежных компрессоров (секций) и оценки осевых сил (двухсекционного компрессора) при глубоком изменении давлений всасывания и нагнетания для проектных институтов, компрессоростроительных предприятий и разработчиков автоматики.

**Abstract.** There is a necessity in the correct technical specification and control algorithm development for centrifugal compressor units, compressing gas mixture in two stages: the tandem sections of the two-sectional compressor, two single case compressors or compressor stations. Typically, compressor companies use special software at all stages of work. The software is not available to design institutes and specialized enterprises - developers of control systems, special software makes them completely dependent on compressor companies. Variable pressure at the suction and discharge of the tandem, the use of drives with variable rpm requires a large amount of calculations of pressure characteristics and their processing. At the same time, the pressure characteristics of individual compressors (sections) of the tandem in one mode according to the pressures at the suction and discharge of the tandem are obligatory for delivery in the volume of the technical and commercial proposal (calculated) and the results of gas dynamic tests (experimental). The purpose of the author was to develop an standalone (does not require additional calculations in special programs) application of XLS format with an intuitive interface in which, the initial data: the pressure characteristics of compressors (sections) are used in one mode by the pressures at the suction and discharge of the tandem, while the optimal modes are calculated, under variable pressures at the suction and discharge of the tandem and the algorithm of tandem control is formed.

A universal and cross-platform software package for programming a control system of centrifugal compressor unit with a deep change in suction and discharge pressures has been developed. It may be useful for design institutes, compressor-building enterprises and control system developers.

**Ключевые слова:** компрессорные установки, газоперекачивающие агрегаты, совместные режимы, экономичные способы регулирования, алгоритм системы регулирования, двухсекционный спина к спине.

**Keywords:** centrifugal compressor unit, gaspumping unit, point of joint operation mode, control system, control algorithm, two sectional back to back.

При проектировании отдельных дожимных компрессорных станций (ДКС) с газотурбинным приводом, работающих при падающем, по мере выработки газового месторождения, давлении на приеме компрессоров, требуется набор сменных проточных частей (СПЧ) и средства перекоммутации корпусов сжатия. Показано, что решение этой задачи возможно только при наличии современных программ газодинамических расчетов с большой базой данных [1, 2]. Во многих случаях для глубокой выработки месторождения к уже существующим ДКС высокого давления

(ДКС ВД), в качестве первой ступени сжатия достраиваются ДКС низкого давления (ДКС НД). Независимое регулирование частоты вращения роторов газоперекачивающих агрегатов (ГПА), возможность отключения/подключения отдельных ГПА ДКС существенно расширяют диапазон оптимального (с максимальной производительностью) и экономичного (без дросселирования потока и/или байпасирования с неизменными СПЧ) регулирования тандема [3].

В центробежных компрессорных установках высокой степени сжатия газ компримируется в две стадии. Примерами конструктивных исполнений таких машин являются: однокорпусной двухсекционный компрессор, двухкорпусная установка односекционных компрессоров, тандем компрессорных установок и станций, независимо от конструктивного исполнения компрессоров тандема. Таким образом, этот класс устройств представляет собой тандемы секций или корпусов.

На расчетах конкретного тандема компрессорных станций, автор показал что в диапазоне давлений всасывания от 6 до 14 атм возможно реализовать оптимальный (с максимальной производительностью) и экономичный способ регулирования (без дросселирования или байпасирования) станций тандема путем изменения частот вращения роторов газоперекачивающих агрегатов станций и изменением числа работающих ГПА. Расчетное приложение представляло собой один файл формата xls, а расчет дискретных режимов совместной работы производился с использованием специального программного обеспечения.

В продолжение данной темы автором был разработан универсальный и автономный кроссплатформенный программный пакет формирования алгоритма оптимального регулирования тандемов центробежных компрессоров (секций) и оценки осевых сил (двухсекционного компрессора), в котором не требуется применения специализированного программного обеспечения.

Пакет включает в себя три файла формата xls (MS Excel 2003+): файл опросных листов (datasheet.xls), собственно расчетное приложение (CCCalgol.xls), и файл результатов (algol.xls) с параметрической аппроксимационной формулой регулирования (зависимости «оборотов» от давлений всасывания и нагнетания)(рисунок 1).

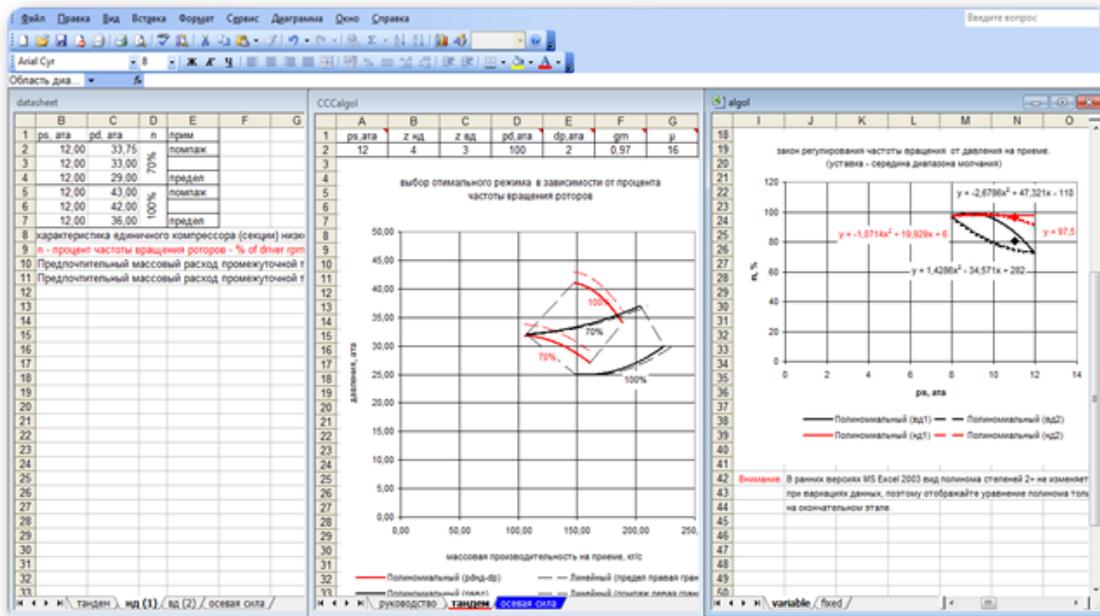


Рисунок 1. Фрагменты трех файлов пакета, открытых в одном окне (исходные данные – по умолчанию)

Доработки и дополнения предыдущих приложений. Разработанное приложение в корне отличается от предыдущих версий. Исходные данные (файл опросных листов) минимизированы (напорные характеристики компрессоров (секций) тандема задаются тремя точками на *одном* режиме по давлению всасывания и нагнетания). Напорные характеристики обязательны к поставке разработчиком: расчетные в технико-коммерческом предложении проектным организациям для формирования технического задания и экспериментальные по результатам газодинамических испытаний установок для подразделений или отдельных предприятий автоматики.

Собственно расчет дополнен следующими значимыми параметрами (скриншот ниже): межстанционными (межсекционными) потерями давления и отведением конденсата, изменением числа ГПА станции низкого давления (включение резервного ГПА в работу на конечной стадии откачки месторождения), молекулярной массой смеси для пересчета характеристик из масс в «нормальные» кубы. Продемонстрируем следующими скриншотами эффект подключения резервного ГПА низконапорной станции, на конечных стадиях откачки месторождения (рисунок 2).

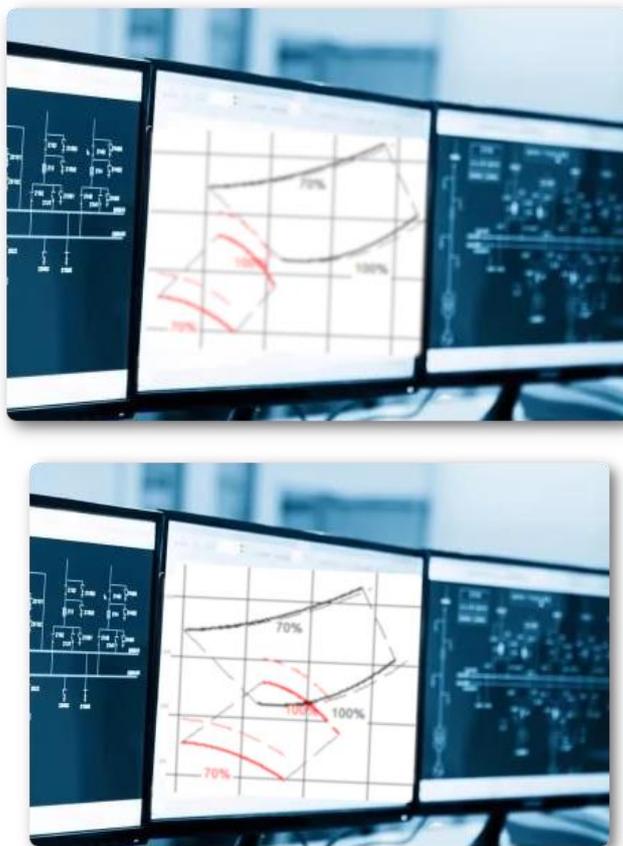


Рисунок 2. Подключение резервного ГПА низконапорной станции

Закон регулирования тандема компрессорных станций формируется в виде полиномиальных параметрических аппроксимаций:

$$n_{нд} = A2(pd)*ps^2 + A1(pd)*ps + A0(pd);$$

$$n_{вд} = B2(pd)*ps^2 + B1(pd)*ps + B0(pd);$$

где  $n_{нд}$ ,  $n_{вд}$  – уставки (середины диапазона «молчания» обратной связи) частоты вращения, соответственно ГПА станций низкого и высокого давления;  
 $ps$  – давление на приеме тандема (устье скважины);

pd – давление на нагнетании тандема (в трубе);

Ai и Bi – коэффициенты аппроксимации (так как типичные: глубина регулирования частоты вращения газотурбинных приводов 30%, а диапазон «молчания» не менее 5% линейной аппроксимации коэффициентов полиномов по давлению нагнетания будет достаточно).

Одновременно с аппроксимациями формируется график отключения/включения или перекоммутации отдельных ГПА станций, для реализации оптимальных режимов тандема без дросселирования и байпасирования потока. Скриншот листа «variable» файла «algol» – формирования закона регулирования представлен на рисунке 3.

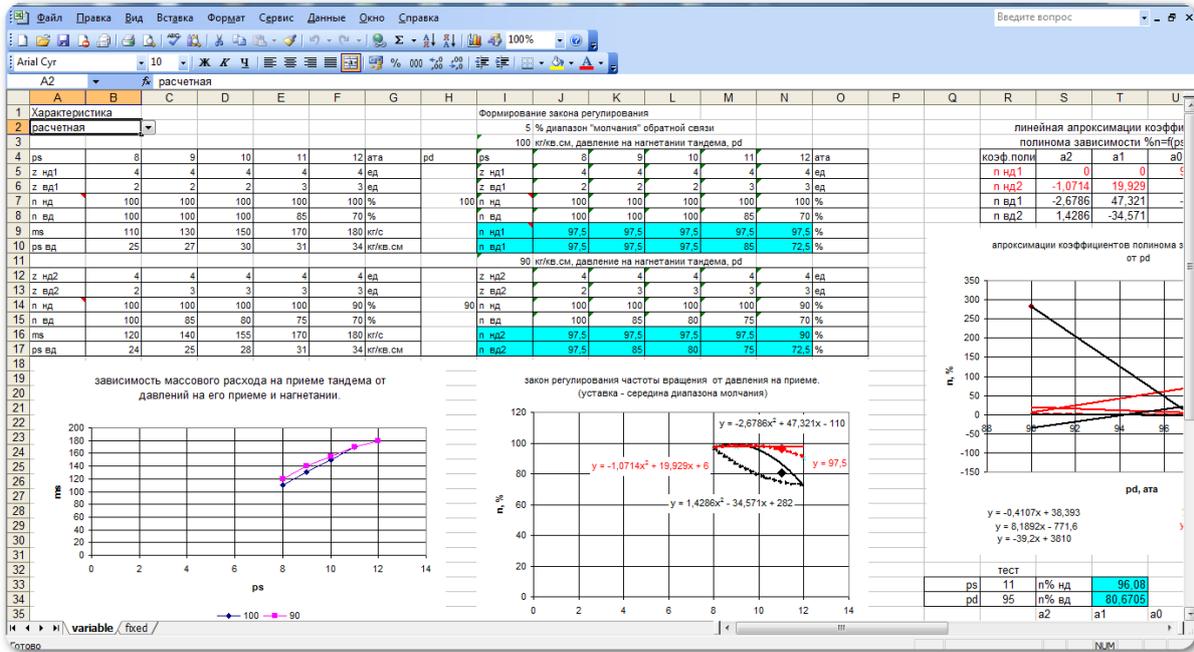


Рисунок 3. Фрагмент результирующего файла формирования закона регулирования

Представленное здесь программное обеспечение может использоваться в системе автоматического управления (САУ) и как монитор текущего режима (зеленая точка на рисунке 4).

Другим возможным применением программного пакета станет возможность оценки осевых сил двухсекционного компрессора с расположением рабочих колес «спина к спине». При глубокой откачке характерно такое конструктивное исполнение компрессоров станций. Работа станций в нерасчетных режимах может стать причиной аварий ГПА.

Оценка осевых сил (двухсекционного компрессора) при глубоком изменении давлений всасывания и нагнетания производится по эквивалентной неуравновешенной площади секций приведенной к перепаду на секциях для одного режима.

В компрессорных установках с приводом фиксированной частоты в условиях, например, изменения химического состава компримируемой газовой смеси, единственным способом регулирования остается дросселирование потока. В отсутствие газоанализаторов, опорным сигналом обратной связи может стать измеряемая мощность привода (электродвигателя).



Рисунок 4. Фрагмент мониторинга текущего режима тандема

Показанные выше возможности и назначение программного обеспечения касались установившихся режимов, вместе с тем представленное приложение может быть использована при формировании циклограмм аварийного останова (возможной причиной разрушений двухсекционного компрессора может стать залповый сброс при его аварийной отсечке).

Кроссплатформенные таблицы формата .xls, не содержат макросов, и успешно протестированы в Windows XP+/MS Office 2003 Excel/LibreOffice Calc/WPS SpreadSheets; Linux Mint/LibreOffice SpreadSheets.

В стандартную поставку включены 4 папки: 3 папки с идентичными файлами, но разными исходными данными и папка «монитор», расчетный файл которой дополнен аппроксимацией закона регулирования (рисунок 5).

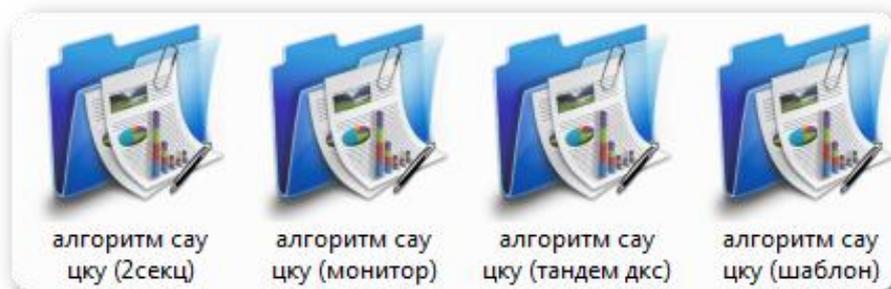


Рисунок 5. Программные пакеты стандартной поставки

## Выводы

Приложения формата xls без макросов с интуитивно понятными интерфейсами и наглядными графоаналитическими решениями успешно могут быть применены как специалистами, так и студентами колледжей и ВУЗов, в том числе с использованием свободно распространяемых электронных таблиц.

## Литература

1. Ахметзянов А.М., Гузельбаев Я.З., Пашинкин Д.В. Компрессорные установки с газотурбинным приводом для нефте- и газодобывающих скважин // Специализиро-

ванный информационно-технический журнал «Турбины и Дизели»: <http://www.turbine-diesel.ru>, ноябрь-декабрь 2015. С.10-15.

2. Биктимеров Ш.Ш., Альмяшов Ф.Н., Моисеев А.М., Харитонов А.П., Пашинкин Д.В. Современные центробежные компрессоры для транспорта и переработки ПНГ: новые технические решения и возможности // Издательский дом «Газотурбинные технологии» журнал «Газотурбинные технологии»: <http://www.gtt.ru>, апрель-май 2016. С.1-3

3. Трусов В.Е. Тандем компрессорных станций // Трубопроводный транспорт - 2018: материалы XIII международной учебно- научно- практической конференции. Уфа: сборник докладов, 2018. С.419-420.

УДК 004.8

## ПОЛЬЗА И ВРЕД ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

### THE BENEFITS AND HARMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

<sup>1</sup>Ненашев С.В., <sup>2</sup>Ненашева Е.А.,

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия  
<sup>2</sup>ООО «Газпром трансгаз Уфа», научно-производственный центр ГеоТЭК,  
г. Уфа, Российская Федерация

S.V. Nenashev<sup>1</sup>, E.A. Nenasheva<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia  
<sup>2</sup>Gazprom transgaz Ufa, Scientific-Production Center GeoTEK,  
Ufa, Russian Federation

e-mail: [nenashev.sv@geotec.ru](mailto:nenashev.sv@geotec.ru)

**Аннотация.** Искусственный интеллект окружает нас и даже ежедневно проникает в нашу рутину. Еще в середине 1600-х годов французский ученый и философ Рене Декарт выдвинул гипотезу о двух подразделениях – машинах, которые могли бы однажды думать и изучать определенную задачу, и тех, которые могли бы адаптироваться для выполнения различных задач, как люди. Эти два направления были позже названы специализированным и общим ИИ. В 1950 году английский математик Алан М. Тьюринг пытался определить, может ли компьютер действительно думать. Исследователь из Google и Stanford опубликовал в 2012 году исследовательский документ «Создание высокоуровневых функций с использованием крупномасштабного неконтролируемого обучения», в котором объясняется прогресс в обучении без учителя через глубокие нейронные сети, благодаря которому ИИ научился распознавать различные изображения кошек без маркировки картинки. Этот прорыв получил дальнейшее развитие в 2015 году, когда исследователи официально объявили, что компьютеры лучше распознавали изображения, чем люди. Но что такое на самом деле искусственный интеллект и как он работает? Как ИИ используется сейчас?

**Abstract.** Artificial intelligence is all around us and even penetrating into our daily routine. Back in the mid-1600s, the French scientist and philosopher René Descartes

hypothesized two subdivisions – machines that could one day think and study a particular task, and those that could adapt to perform different tasks as humans. These two areas were later called specialized and General AI.

In 1950, the English mathematician Alan M. Turing tried to determine whether a computer could really think. A researcher from Google and Stanford published in 2012 a research paper, “Creating high-level functions using large-scale unsupervised learning”, which explains progress in unsupervised learning through deep neural networks, through which AI learned to recognize different images of cats without marking the picture. This breakthrough was further developed in 2015, when researchers officially announced that computers were better at recognizing images than humans. But what is actually artificial intelligence and how does it work? How is AI used now?

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, прогресс, сильный, польза, опасения, кибератаки.

**Keywords:** artificial intelligence, progress, strong, benefits, concerns, cyber attacks.

#### *Что такое искусственный интеллект?*

Автором термина «искусственный интеллект» является американский информатик Джон Маккарти (1955 г.). Искусственный интеллект (или ИИ) – это программное обеспечение, которое использует и анализирует данные, алгоритмы и программирование для выполнения действий. ИИ прогнозирует проблемы и обучает к адаптации в различных ситуациях с присмотром и без него.

Как правило, существует три основных подразделения ИИ – нейронные сети, машинное обучение и глубокое обучение. Нейронные сети (часто называемые искусственными нейронными сетями, или ANN) по существу имитируют биологические нейронные сети, «моделируя и обрабатывая нелинейные отношения между входами и выходами параллельно». Машинное обучение обычно использует статистику и данные, чтобы помочь улучшить машинные функции, в то время как глубокое обучение вычисляет многослойные нейронные сети для более продвинутого обучения.

#### *Сильный против слабого ИИ*

На базовом уровне разница между сильным и слабым ИИ заключается в наблюдении. Слабый ИИ разработан, чтобы контролироваться программированием, которое представляет собой симуляцию человеческой мысли и взаимодействия. Однако в конечном итоге представляет собой набор запрограммированных ответов, которые просто похожи на человеческие. Сильный ИИ известен тем, что способен «обучать» себя чему-либо – обычно сильный ИИ ассоциируется со «страшными» роботами и машинами. Человечество преследуют кошмары о том, насколько опасным может быть обучение ИИ и возможность его к предвидению ходов. Наиболее близка к сильной ИИ система IBM Watson, обладающая речевыми технологиями, машинным зрением, умением обучаться на размеченных данных.

#### *Польза внедрения ИИ*

Что касается использования ИИ, его потенциал безграничен. ИИ используется для различных целей отраслей промышленности.

Много полезного приносят железнодорожникам «умные» локомотивы, оснащенные мобильными центрами обработки данных, которые «питаются» информацией более чем двух сотен разнообразных сенсоров и камер высокой четкости,

отслеживающих железнодорожную колею, ее состояние и появление препятствий, идентифицирующих дорожные знаки. Также они измеряют деформацию рельсов (это самое важное в летнюю жару), что способствует снижению аварий благодаря упреждающему снижению скорости на опасных участках.

Все это – в движении, а до момента выхода поезда на маршрут система самодиагностики «умного» локомотива способна прогнозировать сбои в его различных системах, которые могут спровоцировать непредвиденные остановки или снижение скорости, что может отразиться не только на данном маршруте, но и на графике движения по данной железнодорожной ветке.

ИТ-системы «умных» локомотивов GE Transportation (дочерняя компания американской General Electric, занимающаяся выпуском оборудования и машин для железнодорожного и морского транспорта) подключены к фирменным центрам оптимизации. Алгоритмы машинного обучения разрабатывают стратегии для оптимизации всех процессов, от схем использования топлива до графика технического обслуживания. Также искусственный интеллект постоянно следит за прогнозами изменения метеоусловий и на основе этих данных выдает рекомендации о желательных изменениях в планах поездок и скоростях движения поездов.

Нефтегазовая индустрия тоже не отстает в этом направлении. Сейчас в этой области – пожалуй, как ни в какой другой – идет срочный поиск новых технологических решений, которые позволили бы ей резко повысить эффективность и сократить расходы. Все это необходимо, чтобы пережить период низких цен. Складывается ощущение, что следующий инновационный прорыв может произойти именно в сфере искусственного интеллекта.

Возможную картину будущего нарисовал на недавней глобальной нефтяной конференции в Абу-Даби популярный американский ученый-физик Митио Каку: «Мы являемся свидетелями появления нового поколения промысла. Если на месторождении что-то сломается, ваши контактные линзы идентифицируют поломку и закажут новую запасную часть, когда вы моргнете. Энергетическая среда тоже зависит от экспертизы, и очень скоро мы получим интеллектуальные обои, которые с помощью ИИ будут покрываться данными от ведущих мировых экспертов».

Сферы применения искусственного интеллекта в нефтегазовой отрасли можно разделить на три области: геологоразведка, добыча и стратегическое планирование.

Руководство «Газпрома» приняло решение начать внедрение интеллектуальных платформ для выявления фактов кражи топлива в российских регионах. Программное обеспечение будет устанавливаться на всех региональных предприятиях, занимающихся поставками газа населению и компаниям. В основе программного обеспечения будет заложен алгоритм, который станет анализировать динамику потребления топлива и показатели оплаты, которую производит гражданин или конкретное предприятие.

Кроме того, в Новосибирском госуниверситете начались предпроектные работы по созданию программного обеспечения для оптимизации добычи нефти и газа на основе искусственного интеллекта. У каждой компании свое видение ИИ. В компании Philips считают, «что ИИ окажет наибольшее влияние, когда его глубоко интегрируют в рабочий процесс, и он будет дополнять профессионалов, а не заменять их. Судя по всему, мир принял термин «искусственный интеллект», но мы в Philips больше любим говорить об адаптивном интеллекте. И для этого есть причина. Мы стремимся создавать инструменты, расширяющие возможности человека, а не Большого Брата, который будет следить за тобой и самостоятельно принимать решения. Во многих продуктах Philips ИИ будет играть большую роль. Неважно, что это будет. Это может быть умная зубная щетка или высокотехнологичное оборудование для отделения

лучевой диагностики. В рабочем процессе очень важен контроль качества, и мы видим, что многие специалисты из-за высокой нагрузки могут совершать ошибки. И в таких случаях хорошо обратиться к возможностям ИИ, который будет давать сигнал врачу в том случае, если ему необходимо проверить результаты».

Фактически исследования 2017 года показывают, что 45% людей «предпочитают чат-ботов в качестве основного способа общения для обслуживания клиентов». Согласно сообщению Gartner (IT), в 2016 году мировой рынок чат-ботов стоил 190,8 млн. долл. США, и к 2020 году он может составить около 25% взаимодействия с клиентами.

### *Опасения по поводу внедрения ИИ*

Южнокорейский университет (Корейский передовой институт науки и техники) заключил партнерское соглашение с оборонной компанией по созданию «роботов-убийц». По сообщениям, около 50 ученых подписали письмо с призывом бойкотировать разработки KAIST и Hanwha Systems на фоне опасений гонки вооружений.

«Есть много замечательных вещей, которые вы можете сделать с ИИ. Технологии спасают жизни, в том числе в военном контексте, но открыто заявить, что цель состоит в разработке автономного оружия и иметь такого партнера, это вызывает огромную обеспокоенность», – говорит профессор университета Тоби Уолш. Опасения по поводу разработки «роботов-убийц» и ИИ-оружия по-прежнему вызывают озабоченность и в 2019 году.

Самое страшное в искусственном интеллекте – его закрытость и фактическая необъяснимость процессов, которые происходят внутри этого «черного ящика» в процессе принятия решений. Этим могут воспользоваться злоумышленники. Киберпреступники могут обмануть ИИ с помощью вредоносного ПО для достижения самых разных последствий: от политических провокаций до катастроф любого масштаба. «Хайтек» перевел статью Gizmodo об опасностях и непредсказуемости ИИ, современного регламента и попытках контролировать процессы принятия нейросетями решений, а также о существующих способах обмана ИИ.

Кибератаки ИИ еще не стали способом заработка. Разработка вредоносных программ и состязательных атак все еще очень сложна. Между тем вирусное ПО на базе ИИ еще не имеет документального решения. По мнению исследователей, которые впервые подняли эту проблему на поверхность, нет никаких достоверных доказательств того, есть ли в настоящее время разработанное вредоносное программное обеспечение с ИИ или нет.

Генеральный директор Tesla Илон Маск заявил в документальном фильме «Вы доверяете этому компьютеру?», что суперкомпьютеры могут стать «бессмертным диктатором, от которого мы никогда не сбежим».

Что произойдет с нашими рабочими местами? С одной стороны, все говорят: не пугайтесь, ИИ не лишит вас работы. С другой стороны, например, Сбербанк за 2018 год сократил 14 тыс. человек, заменив их алгоритмами. В мире очень большое количество людей занимается работой, которую можно заменить алгоритмами. Во времена промышленной революции в Англии луддиты пытались жечь заводы и фабрики, но ничего у них не получилось. Как вы знаете, машиностроение тогда пошло большими шагами. Вот и сейчас этот процесс не остановить. Каждый человек должен понять, изменится ли он за время, которое есть, и станет частью будущего, или ему придется столкнуться с этой суровой неизбежностью. Очень много профессий умирает. Вспомните, ранее была профессия машинистки, а также телефонного оператора – это все ушло, это все забрали технологии. При этом надо понимать, что не только ИИ

отнимает работу, технологии вообще каждый день забирают работу. Просто машинное обучение и программные роботы сделают это в очень короткое время и во многих отраслях. А так, по сути, ничего нового сейчас не происходит.

### *А стоит ли доверять ИИ?*

Как считает глава представительства Riverbed Technology в России и СНГ Александр Стулов, самое главное – нет доверия со стороны человека. «Нам психологически тяжело согласиться передать машинам контроль над сферами жизни, которые всегда зависели только от нашей воли. Еще больше нас пугает перспектива оказаться слабее собственного изобретения – в перспективе ближайших лет аналитики, начиная с Gartner и заканчивая Всемирным банком, пророчат человечеству массовую безработицу по вине повсеместной автоматизации», – заявил эксперт.

Сценарий искусственного интеллекта мог видеть появление обстоятельств, при которых модели простых организмов могли бы испытывать различные фазы жизни в контролируемой виртуальной среде. Это то, что было разработано исследовательской группой QUTIS на кафедре физической химии UPV/EHU.



Рисунок 1. D-Wave Systems 2000-кубитный квантовый компьютер

Это первый эксперимент, который реализует на квантовом компьютере квантовый алгоритм искусственной жизни, следуя законам эволюции Дарвина.

В исследовании, опубликованном в журнале Nature Machine Intelligence, исследователи Ватерлоо обнаружили, что вопреки общепринятому мнению, не может быть точного метода для решения, может ли данная проблема быть успешно решена с помощью инструментов машинного обучения.

### **Выводы**

Никто не может утверждать, что жизнь не была более удобной с момента первого прорыва искусственного интеллекта (ИИ) в 2012 году. Мир движется все быстрее и быстрее, движимый технологиями и инновациями. Благодаря шумихе вокруг ИИ компаниям легко ошибиться, пытаясь воспользоваться преимуществами этой технологии. Всегда полезно проявлять осторожность при развертывании службы, управляемой ИИ. Главной ошибкой зачастую является отсутствие ИТ-команды, которая обладает опытом, позволяющим эффективно управлять системой ИИ и интерпретировать информацию о ее максимальной ценности.

Нам кажется, что искусственный интеллект может полностью вытеснить некоторые специальности. Среди профессий из «зоны риска» есть водители такси, общественного и грузового транспорта. Однако, несмотря на шумиху вокруг беспилотного транспорта и старания компаний-визионеров, в ближайшие годы мы не

увидим массового внедрения этой технологии — PwC прогнозирует появление беспилотного общественного транспорта в крупных городах только к 2040 г. На данный момент нет полного доверия к ИИ, так как нет правовых стандартов, регламентов, которые бы регулировали отрасль.

### Литература

1. Дайджест Хайтек: [Электронный ресурс] – URL: <https://hightech.fm>
2. Блог по теме ИИ: [Электронный ресурс] – URL: [https://www.artificial-intelligence.blog/news/\(Artificial-Intelligence.BlogandArtificialIntelligenceConsultingLtd.\)](https://www.artificial-intelligence.blog/news/(Artificial-Intelligence.BlogandArtificialIntelligenceConsultingLtd.))
3. Fractal Analytics: [Электронный ресурс] – URL: <https://fractalanalytics.com>

UDC 378.147

## INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN MODERN ELECTROTECHNICAL EDUCATION

## ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

K. V. Kireev,  
FSBEI HE “Samara State Technical University”,  
Samara, Russian Federation

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

e-mail: [m\\_kir\\_2001@mail.ru](mailto:m_kir_2001@mail.ru)

**Аннотация.** В работе рассматривается вопрос внедрения информационных технологий в учебный процесс технического университета. Дан анализ опыта создания и использования учебно-методических материалов нового поколения, направленных на формирование у студентов профессиональных компетенций в области электротехники, предусмотренных Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования РФ. Представлены особенности применения важнейших элементов компьютеризированного процесса обучения – электронных обучающих средств, объединяющих прикладные программные педагогические продукты, базы данных и знаний изучаемой дисциплины, а также совокупность дидактических средств и методических материалов, обеспечивающих и поддерживающих реализуемую технологию обучения. Рассмотрен вопрос создания модульного электронного учебного пособия, ориентированного на оказание помощи студентам в их самостоятельной работе. Работа с пособием не требует использования дополнительного программного обеспечения. Описаны особенности организации и проведения виртуального лабораторного практикума по электротехнике. Для моделирования и анализа работы цепей предложен программный пакет *Multisim*, показаны преимущества и дидактический потенциал его использования при дистанционной форме обучения электротехническим дисциплинам. Описаны

методические принципы построения компьютерных тестов, позволяющих осуществлять контроль знаний студентов. Результаты тестов представляются в виде лепестковых диаграмм.

**Abstract.** The research paper deals with the issue of information technologies adoption into the educational process of a technical university. The analysis of the experience of creating and using teaching materials of the new generation, aimed at developing students' professional competencies in the field of electrical engineering, provided by the State educational standards of Russian Federation higher professional education, is given. The features of the most important elements application of a computerized learning process are presented - electronic teaching tools combining applied software pedagogical products, databases and knowledge of the discipline under study, as well as a set of didactic tools and teaching materials that provide and support the implemented learning technology. The question of creating a modular electronic textbook, focused on assisting students with their independent work. Work with the textbook does not require the use of additional software. The features of the virtual laboratory workshop organization and conduct on electrical engineering are described. For modeling and analyzing the operation of the circuits, the *Multisim* software package has been proposed, the advantages and the didactic potential of its use in the distance form of teaching electrical engineering disciplines are shown. The methodological principles of constructing computer tests to monitor the knowledge of students are described. Test results are presented in the form of petal diagrams.

**Ключевые слова:** обучение, обучающие средства, методика, компьютер, моделирование, тест, компетенция.

**Keywords:** education, training means, technique, the computer, modeling, test, the competence.

Comprehensive intensification of the process of education and upbringing is associated with a deep restructuring of the entire mechanism for managing educational, cognitive and practical activities of students, with the pedagogy support on general production and general social tendencies caused by the improvement of the means of labor.

The transition to the information society objectively expands the range of educational technologies, and also initiates the creation of fundamentally new educational technologies and methods.

Computerized education is subject to the same system of didactic principles as the traditional one. At the same time, the cybernation of education was the beginning of the transformation of traditional methods and technologies of education. It increases interest in learning, increases motivation due to novelty and a combination of more diverse and visual teaching methods with traditional ones. A student can study in any place and at any time - such an approach presupposes an individualization of the learning process and its going beyond the framework of ordinary educational laboratories.

The development of distance learning technologies allows attracting students living in remote areas to the educational process. This form of education is impossible without the use of information and communication technologies [1].

A learning technology could be considered as informational if the main stages of learning are based on computer means for receiving, processing, transmitting, displaying, controlling, and using didactic information. At each level, the invariant components form the required sections, and the optional components are implemented through special sections of choice.

Providing the education sector with an informational and educational environment is fundamentally changing the relationship between the trainer and the student. Working with students in correspondence and distance learning, time constraints and a limited number of consultations make it particularly appropriate to identify invariant components for using information and communication technologies (electronic textbooks and manuals, Internet technologies, open educational systems).

The analysis of these tendencies formed the basis of using information and communication technologies program developed at the Samara State Technical University to form the professional competence of electrical engineering students.

One of the most important elements of this process is e-learning tools that integrate applied software pedagogical products, databases and knowledge of the discipline under study, as well as a set of didactic tools and teaching materials that comprehensively support and support the implemented learning technology.

Their creation, introduction and use has a number of features that are reflected in the pedagogical, psychological, didactic and organizational aspects. One of the main problems solved in the distance-learning form, is the organization of independent work of the student. The task is to use the specifics of information technology to implement the basic methodological principles and strengthen the personality-oriented aspect of the cognitive process.

With this in mind, an electronic textbook “Theoretical Electrical Engineering” was created, that is intended for students of electrical engineering courses of correspondence and distance learning. While it’s creating, the following principles were implemented:

- *modularity* - the manual consists of separate modules corresponding to different sections (Figure 1);
- *stereotyped* - each module is divided into three parts: theoretical, practical and independent;
- *self-checking* - implemented in the form of questions for self-checking in the form of hyperlinks to answers;
- *the modernization possibility* - further development of benefits can be carried out as an extension of existing modules, and the addition of new modules on other sections of the course.

It is not required to install additional software for working with the manual, which facilitates the use of manuals and makes it as accessible as possible to users.

Methodically, the electronic manual is constructed in such way, that it would inform the student of the part of the material that he needs to know for testing independently. In the theoretical part, the basic concepts and definitions are given, the basic laws are justified. In the practical part, examples are sorted out, solution algorithms are proposed. Important hyperlinks are marked with animated objects.

Since the main purpose of the textbook is to assist students in their independent work, at the end of the practical part of each module there are examples of typical control tasks with a detailed solution in numerical values, the construction of diagrams and other necessary characteristics. The solution is accompanied by explanations and hyperlinks, designed to better link in the mind of the student the studied theoretical material with its practical application in the calculations of the chains.

The curricula of higher educational institutions for the discipline “Theoretical Electrical Engineering” provides laboratory classes. In the conditions of the intensively developing distance learning form, a virtual laboratory workshop is sometimes the only possible one and serves as one of the constituent elements of information Internet technologies.

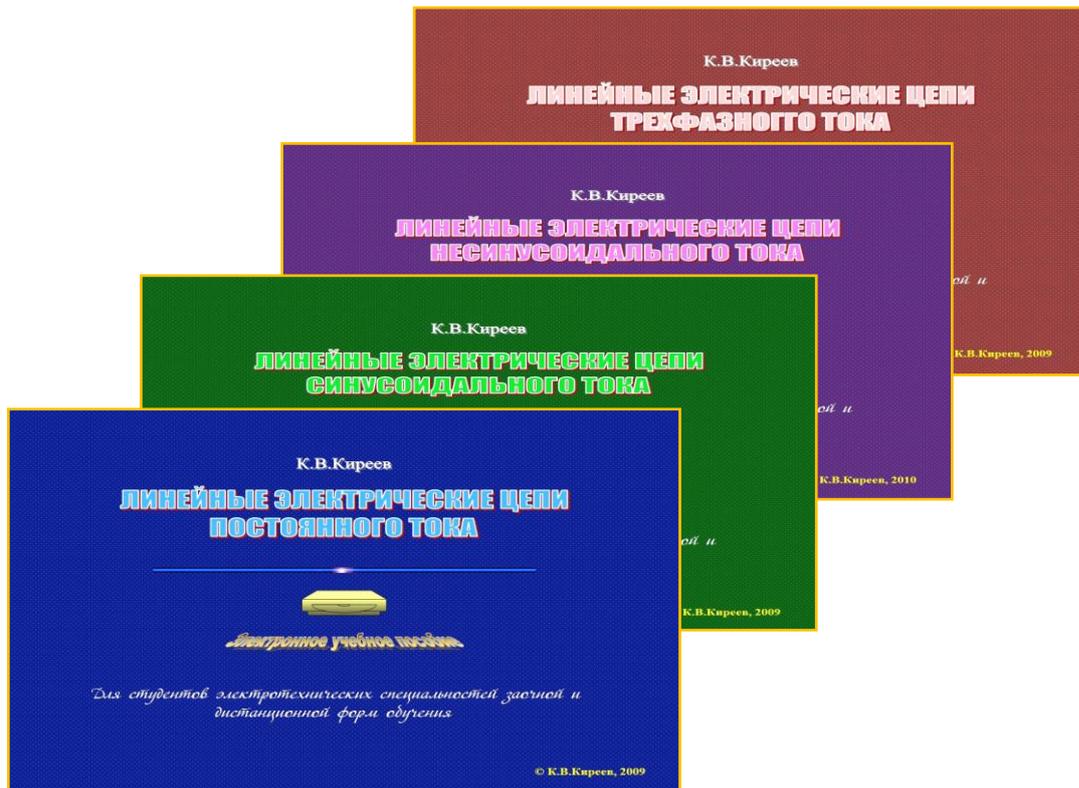


Figure 1. Thematic modules of the electronic training manual

To simulate and analyze the operation of the circuits, the *Multisim* software package from *National Instruments* was selected [2]. This tool allows, on the one hand, to make a very visual study of the theoretical part of the course, and on the other - to prepare the student to work in a real laboratory, teaching him how to plan and conduct experiments.

Displaying devices such as an ammeter, voltmeter, multimeter, wattmeter, oscilloscope and others on a computer screen makes the research process natural and understandable (Figure 2), and the presence of a modern fleet of instruments and models of elements from various manufacturers in *Multisim* makes it as close as possible to research reality.

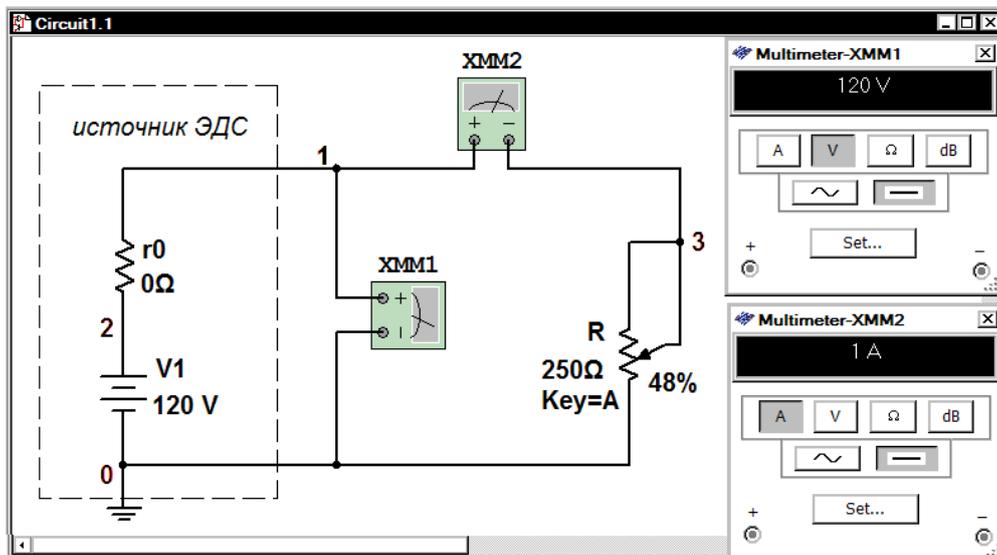


Figure 2. The study of the virtual scheme in Multisim

For example, to display diagrams in time (oscillograms), the Multisim software package offers two methods: modeling using the Transient Analysis analysis function (Analysis of transient processes) and using the Oscilloscope virtual oscilloscope (Figure 3). Four different oscilloscopes are available: dual-channel, four-channel, the Agilent 5462D oscilloscope, and the Tektronix TDS2024 oscilloscope.

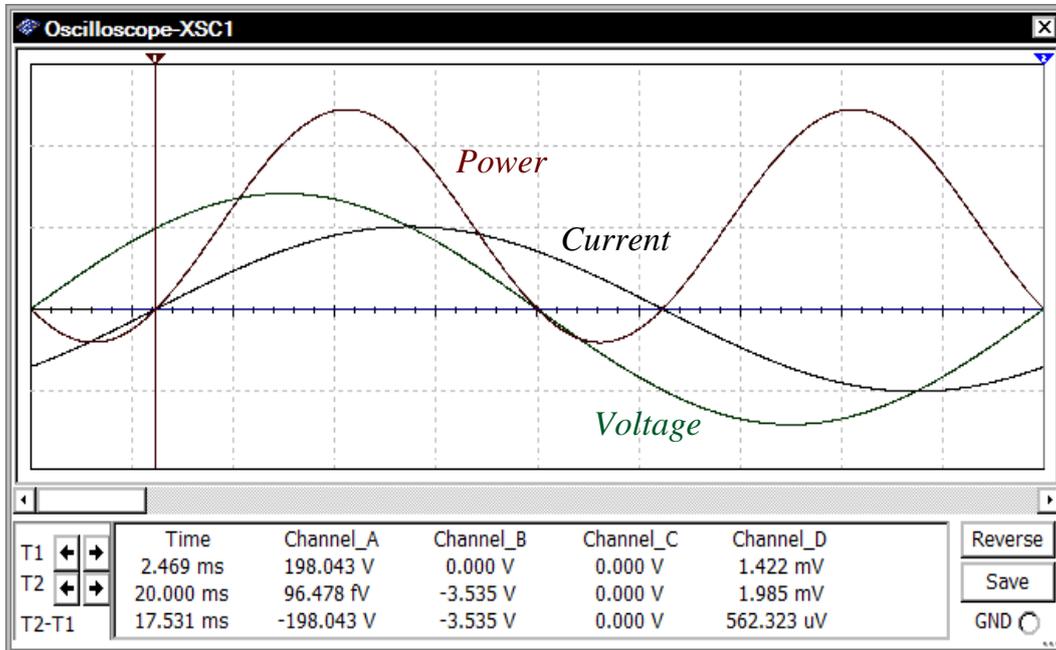


Figure 3. Research processes in Multisim

The Agilent (dual-channel) and Tektronix (four-channel) oscilloscopes reproduce the look of the same real instrument models and can be useful for getting familiar with the laboratory oscilloscopes of these brands.

Despite the fact that the work in a virtual laboratory is convenient for both students and teachers, a rational combination of computer modeling and classes in a physical laboratory is necessary. Therefore, students are offered a choice: to assemble the circuit and carry out the necessary measurements “live” on a laboratory bench or to model its work on a computer. A mixed technique is also practiced: assembling and studying chains on training stands and simultaneously simulating their work in order to supplement the data of a physical experiment.

The learning process is inextricably linked with the current and final control of knowledge. Depending on the purpose of testing, various methods and forms of control can be used, which also makes expedient the use of computer and Internet technologies at this stage. A distinctive feature of the control programs developed at the department is their methodical construction: the main part is the question “Specify the wrong answer”, which is basically the correct (positive) information and makes the student think logically.

Computer tests are widely used in laboratory and practical classes, as well as in the mode of Internet tests in a computer class. This technique allows you to control the knowledge of students in stages, as the individual sections of the course are studied and mastered, and to output a final grade based on the results of intermediate testing.

The test results for the main sections of the course are presented in the form of petal diagrams (Figure 4), which facilitates the analysis of the quality of learning of the educational material by students and allows you to make the necessary adjustments in the work programs of the discipline.

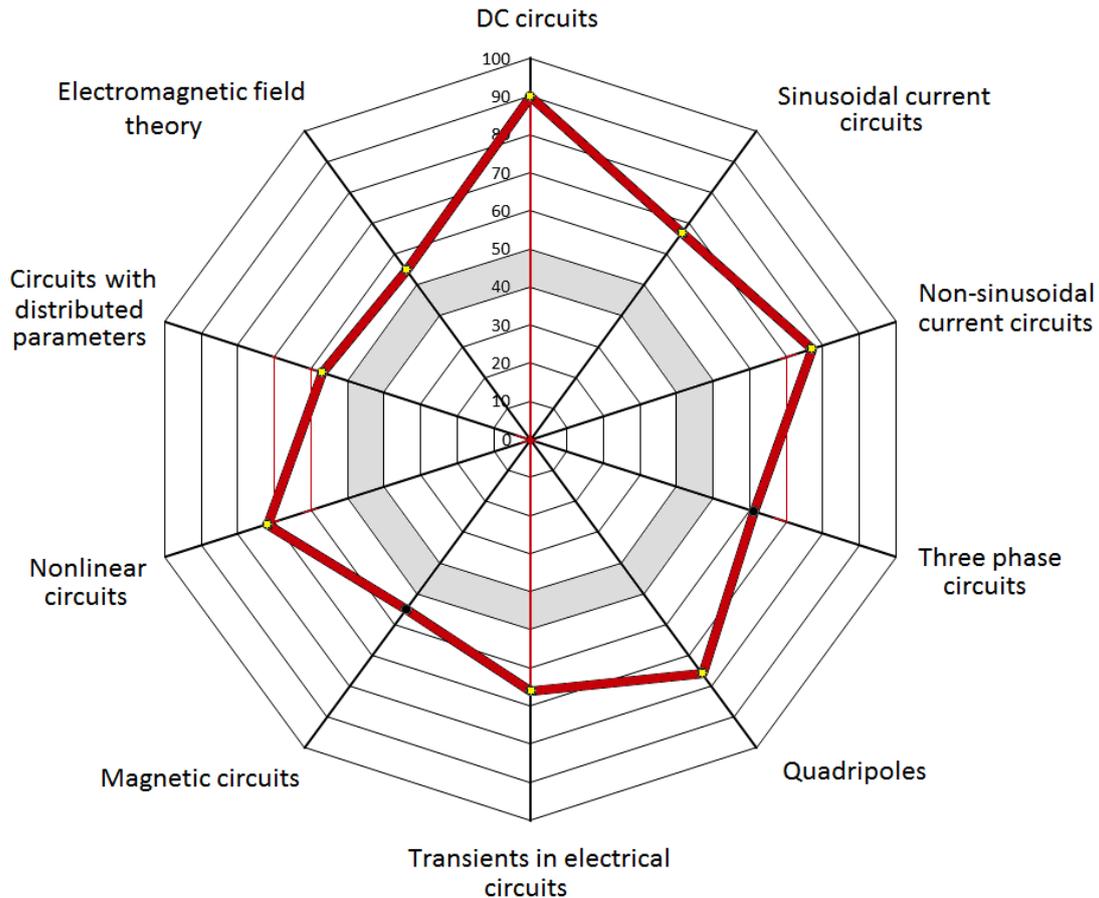


Figure 4. Graphic representation of the test results

### Findings

It is practically impossible to specify all the factors on which the choice of the ratio between the number of hours devoted to traditional forms of education and training using computer technology depends. In addition to the great importance attached to the content and structure of educational material, when establishing this ratio, the teacher's personality, his style of work, methodical training, the possibilities of the training program itself, etc. are no less significant.

Therefore, just as the "machineless" classes are different in traditional methods and technologies, conducted by different teachers with the same teaching content, goals and objectives, a single general education level, the use of a personal computer and modern information and communication technologies in learning process.

### References

1. Spenger O.P. Modern Methods Of Teaching Computer Science At University // Information Technology. Problems and Solutions. Ufa, 2017. P. 6-8.
2. Herniter, Marc E., 2004. Schematic Capture with Multisim 7: Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.; Columbus, Ohio, pp. 512.

УДК 004.52

**ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕХСМЕННОГО СКОЛЬЗЯЩЕГО  
ГРАФИКА РАБОТЫ С ПОМОЩЬЮ MINIZINC****FEATURES OF THE IMPLEMENTATION OF A SLIDING THREE-SHIFT WORK  
SCHEDULE WITH MINIZINC**

Полищук Ю.В., Дедловский М.С., Гончарова Я.В.,  
ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург, Российская Федерация

Y.V. Polishuk, M.S. Dedlovsky, Y.V. Goncharova,  
FSBEI HPE "Orenburg state university", Orenburg, Russian Federation

e-mail: youra\_polishuk@bk.ru

**Аннотация.** Работа посвящена вопросам составления многосменных скользящих графиков работы сотрудников. Рассмотрены преимущества скользящих графиков работы, а также основные методы составления графиков данного вида. В работе рассмотрен практический пример трехсменного скользящего графика для семи сотрудников. Сложность генерации данного графика обусловлена необходимостью учета дополнительных пожеланий и требований со стороны работников. Так, например, некоторые из сотрудников находятся в отпусках, а для других сотрудников могут быть определены обязательные к работе смены и обязательные выходные смены. Для приведенного в работе графика у нулевого сотрудника должны быть свободны все дневные смены по понедельникам так как он исполняет обязанности руководителя группы и обязан присутствовать на собрании в головном офисе компании в это время. Выполнено сравнение между графиком, сформированным в ручном режиме, и графиком, сгенерированным специализированным языком моделирования ограничений MiniZinc, которое подтвердило перспективность применения языка моделирования ограничений MiniZinc для генерации многосменных скользящих графиков работы сотрудников. В случаях необходимости генерации графиков большего масштаба, например, для большего количества сотрудников, сложность формирования скользящего графика растет и в этом случае применение языка моделирования ограничений MiniZinc для его создания является обоснованным, а при определенных условиях даже необходимым.

**Abstract.** The work is devoted to the preparation of multi-shift sliding scales of employees' work. The advantages of sliding charts of work, as well as the main methods of scheduling of this type are considered. The paper considers a practical example of a three-shift sliding schedule for seven employees. The complexity of the generation of this schedule is due to the need to consider additional wishes and requirements of employees. For example, some of the employees are on vacation, while other employees can be assigned mandatory shifts and mandatory non-working shifts. For the schedule to work, the zero employee must have all day shifts free on Mondays as he / she is the group leader and is must to attend at the meeting at the head office of the company at this time. A comparison between the schedule generated in manual mode and the schedule generated by the specialized modeling language of constraints MiniZinc, which confirmed the prospects of using the modeling language of constraints MiniZinc to generate multi-shift sliding graphs of employees. In cases when it is necessary to generate graphs of a larger scale, for example, for a larger number of employees,

the complexity of forming a sliding graph increases and in this case the use of the MiniZinc modeling language for its creation is reasonable, and under certain conditions even necessary.

**Ключевые слова:** расписания, генерация расписаний, скользящий график, трехсменный график, MiniZinc, математические модели.

**Keywords:** schedules, generating schedules, sliding chart, three-shift chart, MiniZinc, mathematical model.

Деятельность многих современных организаций основана на предоставлении круглосуточно доступных сервисов, таких как техническая поддержка или справочная служба. Оказание таких услуг вынуждает руководство организации использовать скользящий график работы сотрудников. Такой график позволяет устанавливать круглосуточный режим работы и семидневную рабочую неделю.

Основным преимуществом скользящего графика работы является то, что он устанавливается по обоюдному согласию между сотрудником и руководством. Сотруднику это дает возможность самостоятельно определять даты выходных дней (смен) наиболее удобным для себя образом. Руководству же такой подход позволяет организовать работников в бригады, что обеспечивает круглосуточную доступность сервисов. Однако необходимо отметить, что составление скользящего графика работы – это трудоемкий процесс, требующий знания специализированных алгоритмов дискретной математики [1].

К таким алгоритмам можно отнести [2]:

- алгоритм Гомори (Cutting-plane method);
- метод ветвей и границ (Branch and bound).
- алгоритм имитации отжига (Simulated annealing);
- алгоритм пороговой допустимости (Threshold accepting);
- поиск с запретами (Tabu search);
- генетические алгоритмы (Genetic algorithms);
- алгоритм Min-conflicts;
- нейронные сети (Neural networks).

Зачастую составлением расписания занимается отдельный сотрудник, поскольку организация не может позволить себе приобрести дорогостоящую лицензию на специализированное программное обеспечение. Однако при таком подходе качество составляемого расписания зависит от квалификации составителя. Также не следует забывать, что составление расписания – трудоемкий процесс.

Рассмотрим пример задачи составления расписания скользящего графика работы для 7 сотрудников на месяц (длиной 31 день) [3].

Заданы следующие условия:

- один рабочий день включает 3 смены (дневную, вечернюю и ночную);
- необходимо, чтобы в каждую дневную и вечернюю смену работала бригада из двух сотрудников, а в каждую ночную – один сотрудник, однако 1-го, 25-го, 26-го и 31-го числа в ночную смену должна работать бригада из двух сотрудников;
- нужно учесть пожелания сотрудников относительно расположения выходных в расписании.

Расписание, составленное вручную, приведено на рисунке 1.

Символом «X» отмечены выходные смены, соответствующие пожеланиям сотрудников.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	кол-во смен	кол-во выходных дней	
	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс			
сотр. 0 (день)									X	X																							26	21
(вечер)				X					X	X	X						X							X										
(ночь)								X	X	X																								
сотр. 1 (день)							X	X																									26	21
(вечер)							X	X																										
(ночь)							X	X																										
сотр. 2 (день)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X									13	26
(вечер)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X										
(ночь)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X										
сотр. 3 (день)	X	X																															26	21
(вечер)	X	X																																
(ночь)	X	X																																
сотр. 4 (день)																						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	16	25
(вечер)																						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
(ночь)																						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
сотр. 5 (день)																																	26	20
(вечер)																																		
(ночь)																																		
сотр. 6 (день)																																	26	21
(вечер)																																		
(ночь)																																		

Рисунок 1. Расписание, составленное вручную

Составленное расписание удовлетворяет заданным условиям. Однако следует обратить внимание на некоторые недочеты. Например, у сотрудника 1 через день после ночной смены (4-го числа, в понедельник) стоит еще три смены. Такая конфигурация неудобна для сотрудника, к тому же, согласно трудовому кодексу, ему необходимо минимум два полных выходных дня. Похожая ситуация наблюдается у сотрудника 5 (1-го числа, в пятницу). Однако подобные недочеты не являются критичными, поскольку в данном примере допускается переработка. Сверхурочная работа осуществляется с согласия сотрудника и оплачивается дополнительно.

Для решения задачи была реализована модель с помощью MiniZinc. Данная модель используется для генерации расписания в виде двумерного целочисленного массива. В качестве входных данных принимаются пожелания сотрудников в отношении выходных и рабочих смен, размеры бригад в каждую смену и диапазоны допустимого количества смен на сотрудника. Также в модели заданы описания конфигураций смен, которых следует избегать в процессе составления расписания. К ним относятся следующие типы нежелательной конфигурации.

1. Одиночная рабочая смена (одна рабочая смена, между двух выходных смен).
2. Одиночная выходная смена (одна выходная смена, между двух рабочих смен);
3. После дневной и вечерней смены не следует полный выходной день.
4. После ночной смены не следует два полных выходных дня.

Поиск оптимального расписания представлен как оптимизационная задача вида (1).

$$C_1 + C_2 + C_3 + 5C_4 \rightarrow \min \tag{1}$$

здесь  $C_1, C_2, C_3, C_4$  – количество нежелательных конфигураций 1-го, 2-го, 3-го и 4-го типа соответственно, присутствующих в расписании. Коэффициент 5 перед  $C_4$  предназначен для увеличения приоритета нежелательной конфигурации. Полученное расписание приведено на рисунке 2.

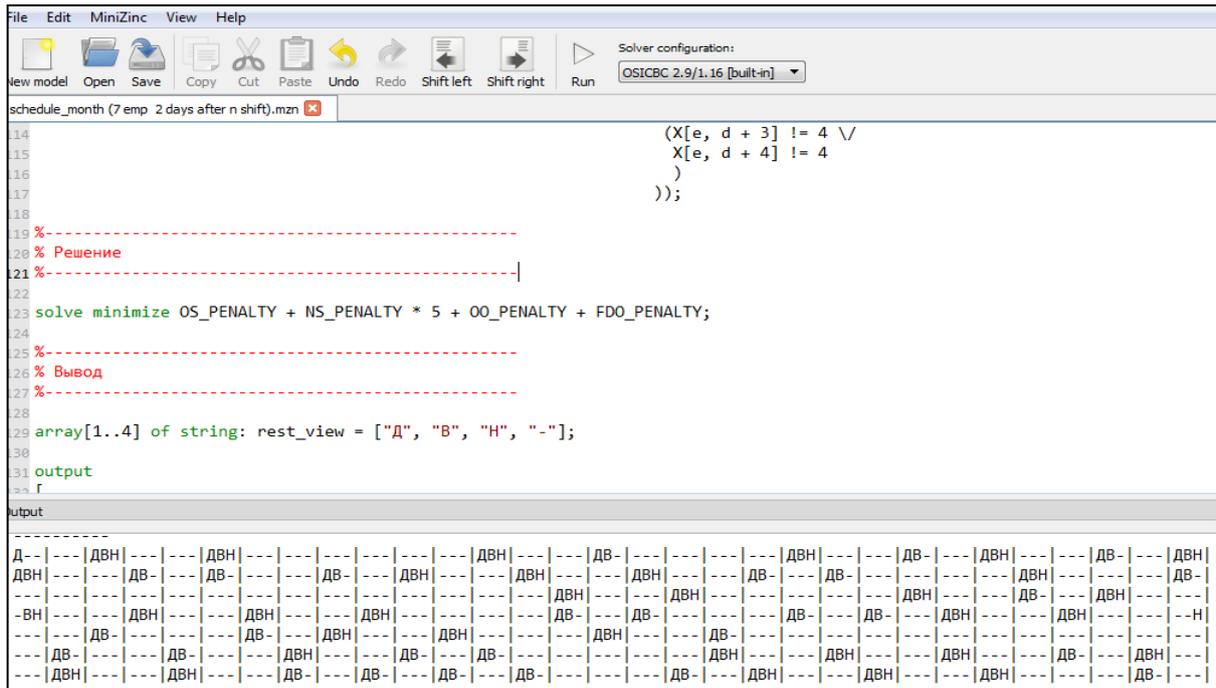


Рисунок 2. Расписание, составленное с помощью MiniZinc

Сравнение расписаний приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная таблица вариантов расписаний

Сотрудник	Ручной вариант		MiniZinc	
	Кол-во смен	Кол-во полных выходных дней	Кол-во смен	Кол-во полных выходных дней
Сотрудник 0	26	21	25	21
Сотрудник 1	26	21	27	20
Сотрудник 2	13	26	14	26
Сотрудник 3	26	21	26	20
Сотрудник 4	16	25	15	25
Сотрудник 5	26	20	25	21
Сотрудник 6	26	21	27	20

По результатам из таблицы 1 можно заключить, что ручной вариант расписания и вариант, составленный с помощью модели MiniZinc, не имеют значительной разницы по количеству смен и полных выходных дней. Следует отметить, что в расписании модели MiniZinc присутствуют одиночные смены, в то время как в ручном варианте их нет. Однако вариант расписания модели MiniZinc не предполагает переработок и полностью соответствует Трудовому кодексу в отличие от ручного варианта расписания.

### Выводы

Скользящий график, составленный с помощью MiniZinc, не менее эффективен, чем аналогичный вариант, составленный вручную. Кроме того, использование модели MiniZinc позволяет экономить трудовые ресурсы, освобождая сотрудников от обязанности планирования расписания.

Стоит отметить, что в случае увеличения количества сотрудников сложность формирования скользящего расписания растет и в этом случае применение модели

MiniZinc для его создания является обоснованным, а при определенных условиях даже необходимым.

### Литература

1. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), 2011. – 222 с.
2. Компания Nexign. Задачи планирования и программирование в ограничениях. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://is.gd/UQB9Or> (дата обращения: 15.03.2019).
3. Полищук Ю.В., Чумаков Р.В., Гончарова Я.В. О способе практической реализации трехсменного скользящего графика работы // Новые информационные технологии в образовании и науке: материалы XI междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 25 февраля-1 марта 2019 г. ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». Екатеринбург, 2019. С.191-198.

УДК 004.06

## НОВАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА

### NEW AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE TANK FARM

Киреев И.Р., Шарафиев Р.Г., Барахнина В.Б., Идрисова К.Р., Филиппова А.Г.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

I.R. Kireev, R.G. Sharafiev, V.B. Barakhnina, K.R. Idrisova, A.G. Filippova,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: verarosental@rambler.ru

**Аннотация.** На объектах транспорта нефти используется большое количество пожаровзрывоопасных и вредных веществ. При несоблюдении правил эксплуатации данных объектов возможно образование парогазовоздушных смесей, которые при некоторых условиях приводят к аварийным ситуациям. При работе резервуарного парка возможны несанкционированные изменения параметров процесса (давление, температура и т.д.), которые могут привести к взрывам или пожарам. Разработанная автоматизированная система автоматизации внутри-парковой откачки нефти предназначена для визуализации и управления технологическим процессом работы резервуаров и насосов перекачки нефтепродуктов, сообщения оператору об аварийных событиях в технологических режимах работы, регистрации предаварийных и аварийных состояний, регистрации и выдачи управляющих воздействий. Программное обеспечение панели визуализации обеспечивает повышение оперативности управления, повышение квалификации персонала, улучшение показателей технологического процесса, повышение контроля над обслуживающим персоналом, повышение технологической дисциплины, улучшение условий труда и повышение техники

безопасности. Надежная эксплуатация резервуарного парка определяется не только уровнем качества его проектирования, но и квалификацией и степенью подготовки к аварийным ситуациям обслуживающего персонала. Поэтому повышение качества обучения специалистов путем использования обучающих автоматизированных систем управления является актуальной задачей. Разработанная автоматизированная система автоматизации внутриварочной откачки нефти может использоваться в обучающем режиме, симулирующем аварию на объекте.

**Abstract.** A large number of fire and explosion hazardous and harmful substances are used at oil transportation facilities. In case of non-compliance with the rules of operation of these facilities, it is possible to form vapor-gas-air mixtures, which under certain conditions lead to emergency situations. During the operation of the tank farm, unauthorized changes in process parameters (pressure, temperature, etc.) are possible, which can lead to explosions or fires. The developed automated system of automation of in-Park oil pumping is designed for visualization and control of the technological process of tanks and pumps of oil products pumping, reporting to the operator about emergency events in technological modes of operation, registration of pre-emergency and emergency conditions, registration and issuance of control actions. Software visualization panel provides improved management efficiency, staff training, improving the performance of the process, improving control over maintenance personnel, improving technological discipline, improving working conditions and improving safety. Reliable operation of the tank farm is determined not only by the level of quality of its design, but also by the qualification and degree of preparation for emergency situations of service personnel. Therefore, improving the quality of training through the use of training automated control systems is an urgent task. The developed automated system of automation inside the Park oil pumping can be used in the training mode, simulating an accident at the facility.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, управление, технологический процесс, резервуарный парк, перекачка нефтепродуктов.

**Keywords:** automated system, control, technological process, tank farm, pumping of oil products.

Использование автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) резервуарного парка (РП) позволяет решать задачи безопасности [7] обслуживающего персонала, а также быстро реагировать на изменение режима работы сосудов и аппаратов [1-4]. Это достигается использованием комплекса средств, направленных на оптимизацию работы и автоматизацию управления технологическим процессом РП, автоматизацию основных технологических процессов, контроль над работой, изменяемыми параметрами и техническим состоянием оборудования, входящего в состав РП [4-6]. АСУ ТП РП объединяется в целостную систему под операторским управлением, которая включает в себя: пульт управления, средства обработки информации, элементы автоматики (датчики, устройства управления, исполнительные устройства) [1]. Программное обеспечение панели визуализации разработано для выполнения на панелях фирмы Siemens. Панель визуализации является составной частью станции управления (СУ) насосной станции, построенной на базе программируемого логического контроллера Siemens S300. Процессорный модуль контроллера соединяется с панелью визуализации при помощи кабеля связи по протоколу Ethernet. Главный экран панели станции управления представлен на рисунке 1.

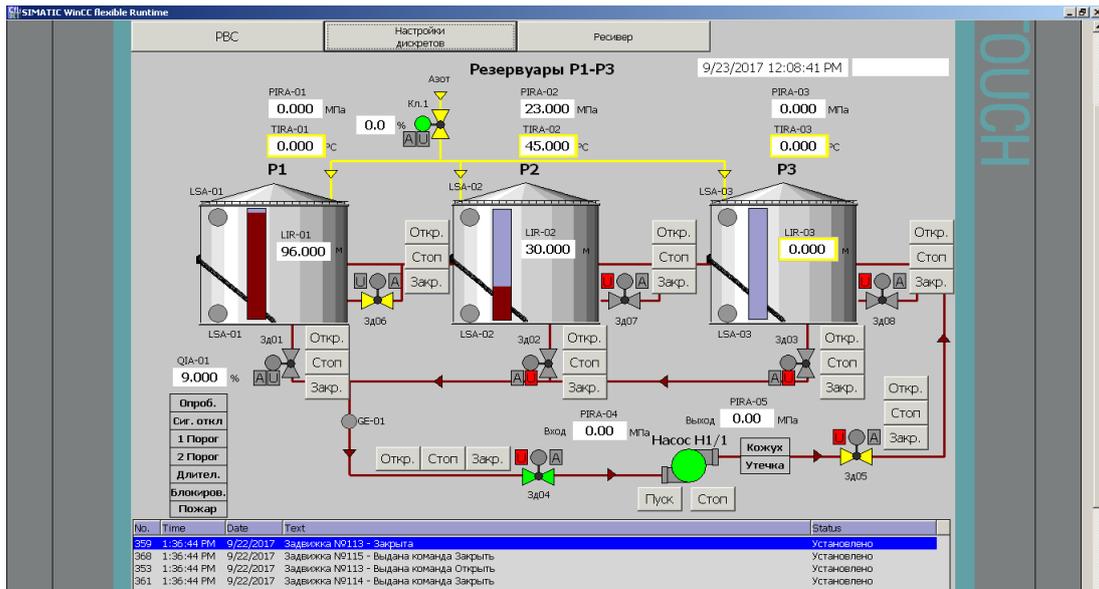


Рисунок 1. Главный экран панели станции управления

Обязательными условиями выполнения программы на панели визуализации является: наличие напряжения питания на станции управления насосным агрегатом (НА), а также наличие питания непосредственно на панели визуализации и управляющего контроллера Siemens S300; панель визуализации находится в исправном состоянии; управляющий контроллер СУ Siemens S300 находится в исправном состоянии и находится в режиме выполнения внутренней исполняемой программы – режим «RUN»; отсутствуют ошибки выполнения программы контроллера СУ Siemens S300; связь между панелью визуализации и контроллером СУ находится в исправном состоянии [2].

Все настроечные параметры программы панели визуализации реально располагаются в управляющем контроллере Siemens S300. Панель визуализации производит только отображение контролируемых параметров, всё отработку входных и выходных сигналов по заданному алгоритму производит управляющий контроллер СУ.

Для обеспечения бесперебойной работы программного комплекса должны соблюдаться следующие условия: соответствие питающего напряжения техническим требованиям нормативных документов; наличие отдельного контура заземления средств вычислительной техники в соответствии с нормативными документами; наличие источника бесперебойного питания для бесперебойной работы станции; устойчивая работа технических средств системы; наличие комплекта ЗИП [3].

Интерфейс программы панели визуализации содержит: отображение состояния технологических параметров; отображение динамики технологического процесса; регистрация предаварийных и аварийных состояний; регистрация управляющих воздействий оператора; выдача управляющих воздействий. Визуализация технологического процесса происходит при помощи соответствующих экранов (окон) программы. Программа содержит следующие окна: первое – Резервуары P1, P2, P3; второе – Резервуар P1; третье – Резервуар P2; четвертое – Резервуар P3; пятое – Ресивер 1; шестое – Ресивер 2; седьмое – Управление насосным агрегатом; восьмое – Настройка дискретных параметров; девятое – Настройка аналоговых параметров; десятое – Журнал событий; десятое – Графики. Панель визуализации фирмы Siemens является сенсорной. Переключение между окнами производится нажатием пальцем руки непосредственно на экран панели на соответствующую кнопку управления или технологический агрегат.

Экран резервуаров (рисунок 2) предназначен для подробного изображения: уровня нефтепродукта в резервуарах P1, P2 и P3 (LIR01, LIR02 и соответственно LIR03); температуры нефтепродукта в резервуарах P1, P2 и P3 (TIRA01, TIRA02 и соответственно TIRA03); давления в резервуарах P1, P2 и P3 (PIRA01, PIRA02 и соответственно PIRA03); управления задвижками, насосным агрегатом и клапаном подачи азотной смеси; уровней загазованности и управление газоанализаторами; журнала событий; регистрации пользователей; верхнего меню открытия окон; отображения реального времени.

При нажатии на «Резервуар» с соответствующим номером на главном экране появляется окно резервуара, настройки параметров датчиков, задвижек и клапана.

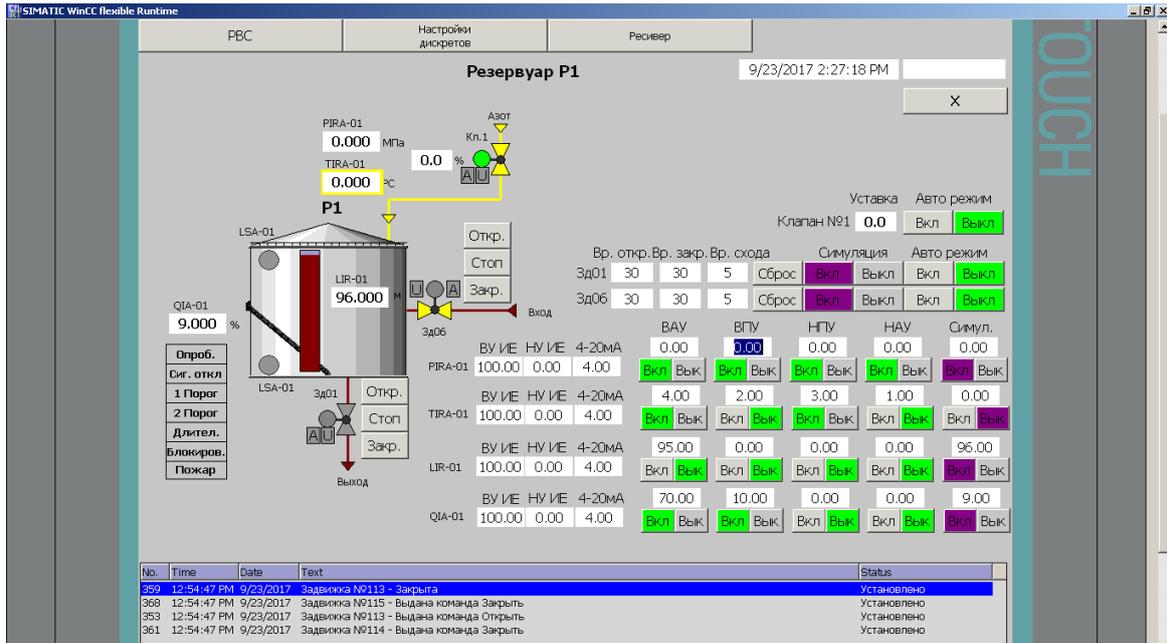


Рисунок 2. Экран «Резервуар P1»

На рисунке 3 показано настройка аналоговых датчиков.

Зд06	ВАУ	ВПУ	НПУ	НАУ	Симул.
ВУ ИЕ НУ ИЕ 4-20мА PIRA-01 100.00 0.00 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ВУ ИЕ НУ ИЕ 4-20мА TIRA-01 100.00 0.00 4.00	4.00	2.00	3.00	1.00	0.00
ВУ ИЕ НУ ИЕ 4-20мА LIR-01 100.00 0.00 4.00	95.00	0.00	0.00	0.00	96.00
ВУ ИЕ НУ ИЕ 4-20мА QIA-01 100.00 0.00 4.00	70.00	10.00	0.00	0.00	9.00

Рисунок 3. Окно настройки датчиков

здесь: ВАУ – верхняя аварийная уставка; НАУ – нижняя аварийная уставка;

ВПУ – верхняя предупредительная уставка; НПУ – нижняя предупредительная уставка;

ВУ ИЕ – верхняя инженерная единица; НУ ИЕ – нижняя инженерная единица.

Экран настройки насосного агрегата, аналоговых параметров и управления задвижками входа и выхода (рисунок 4).

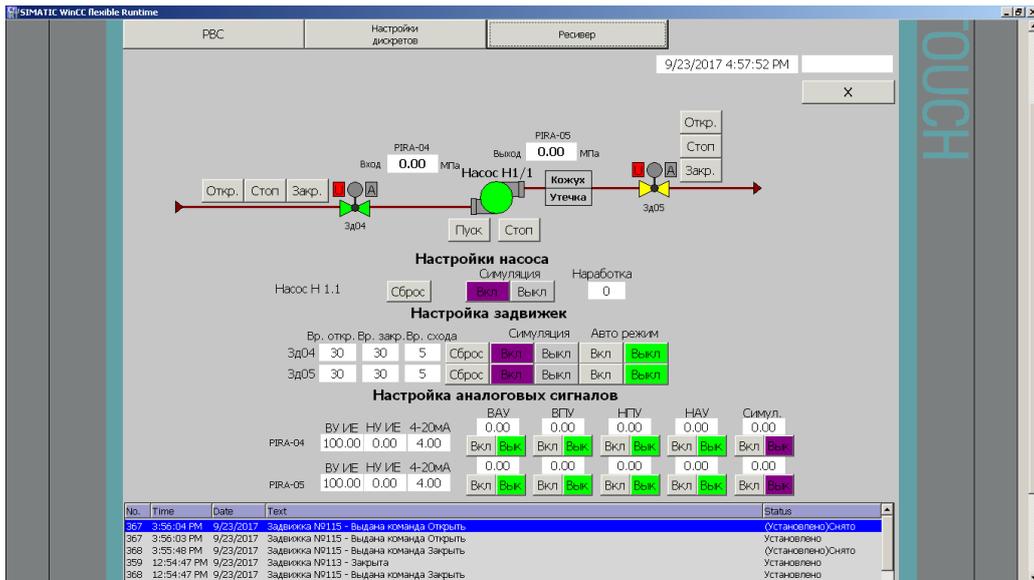


Рисунок 4. Насосный агрегат

Экран ресивера представлен на рисунке 5.

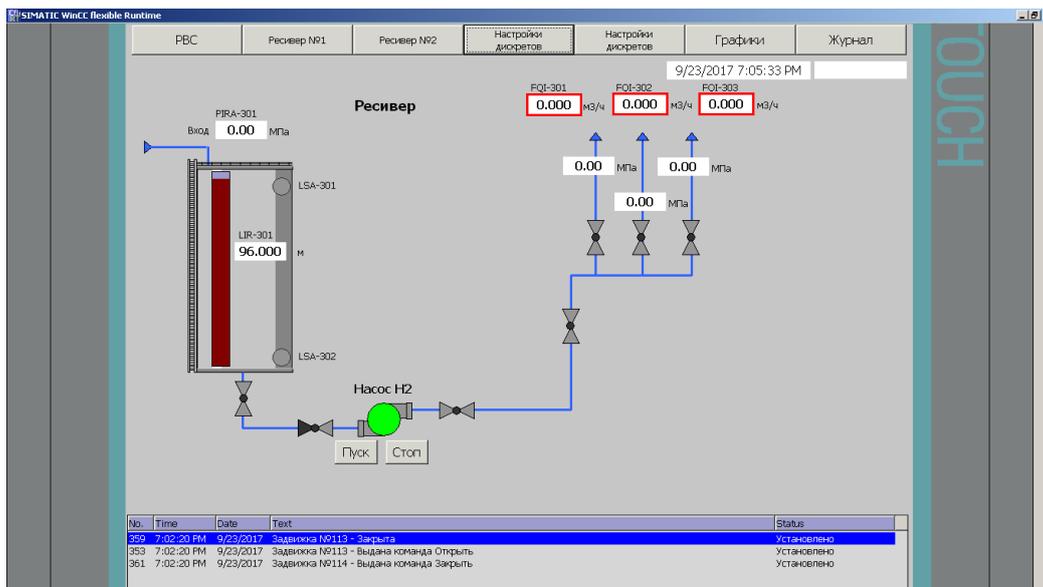


Рисунок 5. Ресивер №2

Экраны включают в себя следующую информацию: мнемосхемы элементов, элементы управления, числовые и текстовые значения, цветовые индикаторы.

В штатном режиме работы оператор производит контроль за технологическими процессам работы насосных агрегатов при помощи соответствующих экранов программы панели визуализации станции управления насосными агрегатами. Стандартный режим работы программы – открытый «Основной» экран программы. При необходимости производит переключение между окнами. Данные изменения настроечных параметров работы программы панели визуализации выполняются с персонального компьютера АРМа оператора дожимной насосной установки (ДНС) (после вывода информации в данный АРМ информации о работе данных насосных агрегатов) или при помощи переносного компьютером с заранее загруженным необходимым программным обеспечением. Все настроечные параметры программы панели визуализации реально располагаются в управляющем контроллере Siemens

S300. Панель визуализации производит только отображение контролируемых параметром, всё отработку входных и выходных сигналов по заданному алгоритму производит управляющий контроллер.

### **Выводы**

Разработанное программное обеспечение панели визуализации АСУ ТП РП предназначено для решения задач автоматизации внутри-парковой откачки нефти и выполняет следующие эксплуатационные функции: визуализация технологического процесса резервуаров и работы насосов; управление технологическим процессом работы насосов и перекачки нефтепродуктов; сообщение оператору об аварийных событиях в технологических режимах работы; регистрация предаварийных и аварийных состояний; регистрация управляющих воздействий и выдача управляющих воздействий. АСУ ТП РП обеспечивает: повышение оперативности управления; повышение квалификации персонала; улучшение показателей технологического процесса; повышение контроля над обслуживающим персоналом; повышение технологической дисциплины; улучшение условий труда и повышение техники безопасности.

### **Литература**

1. Ибрагимова Р.А., Барахнина В.Б. Разработка программного обеспечения для определения степени загрязнения при аварийных утечках нефти и нефтепродуктов В кн.: Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: тезисы докладов международной молодежной конференции (г. Уфа, 23-29 ноября 2014 г.) / отв. Ред. К.Ш. Ямалетдинова. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014 г. – С. 242-244.
2. Ибрагимова Р.А., Киреев И.Р., Жолобова Г.Н., Барахнина В.Б. Разработка программного средства для определения степени загрязнения почвы при авариях на нефтепроводах. В кн.: Материалы XIX Международной научно-технической конференции «Проблемы строительного комплекса России», Т.2, 9-11 марта 2015 г., Изд-во УГНТУ, 2015. – С. 463–464.
3. Ибрагимова Р.А., Жолобова Г.Н., Азнабаев И.Р., Барахнина В.Б. О необходимости разработки программных средств для определения потерь при аварийных разливах нефти. В кн.: Сборник материалов научно-практической конференции «Промышленная безопасность на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах», Сборник №3 «Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов», 20-21 мая 2015 г., – Уфа: Нефтегазовое дело, 2015. – С. 13–18.
4. Маковчук К.И., Киреев И.Р., Закирова З.А., Шайбаков Р.А. Способы и методы обеспечения безопасности резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов // Вестник молодого ученого УГНТУ. 2016. №4. – С.194-202.
5. Филиппов В.Н., Агишева А.Р., Киреев И.Р., Борохнина В.Б., Шарафиев Р.Г. Повышение безопасности производства путем применения сетевых интеллектуальных систем // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2017. 1(4). – С. 109-114.
6. Киреев И.Р., Латыпова Г.И., Шарафиев Р.Г., Маковчук К.И. Использование автоматизированных систем в учебном процессе // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2018. 1(5). – С. 183-186.
7. Филиппова А.Г., Наумкин Е.А., Бакиров И.К. Оценка величины пожарного риска резервуарного парка // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2017. №1(4). – С. 39-44.

УДК 004.93'1

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА LEAP MOTION  
ДЛЯ ПРИКЛАДНЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЯЗЫКА ЖЕСТОВ****SIGN LANGUAGE RECOGNITION APPLICATION SYSTEM  
USING LEAP MOTION CONTROLLER**

Еникеев Д.Г., Мустафина С.А.,  
Стерлитамакский филиал ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»,  
г. Стерлитамак, Российская Федерация

D.G. Enikeev, S.A. Mustafina,  
Sterlitamak Branch Bashkir State University,  
Sterlitamak, Russian Federation

e-mail: cooldeepband@gmail.com

**Аннотация.** Слабослышащие люди и люди с полной потерей слуха для передачи информации используют язык жестов, основанный на самостоятельной форме изложения, не связанной со словесной. Здоровые люди находят такой способ общения затруднительным и неизбежно возникает потребность в переводчике. Современное развитие технологий распознавания и обучения видеообразов позволили создавать системы распознавания жестов. Они призваны обеспечить общество глухих и слабослышащих людей более удобным способом общения. Задачей устройства является перевод языка жестов в письменную либо аудио-речь. В представленной работе нами приведены основные свойства языка жестов, его параметры и отличия от других способов коммуникации. Также проведен обзор наиболее популярных аппаратных способов сбора данных о жестах и их обработке. В работе предлагается использование контроллера Leap motion [1] от одноименной компании в системе распознавания жестов, так как такой контроллер позволяет избавиться от проблем с процессом распознавания рук пользователя и выделением основных характеристик. Высокая скорость обработки информации и независимость от условий освещения позволяет рассматривать Leap motion в качестве основы для эффективной и универсальной системы распознавания жестов.

**Abstract.** Hearing impaired people and people with complete hearing loss use sign language based on an independent form of presentation, not related to verbal. Normal people find this way of communication difficult and it is inevitable to have an interpreter for the translation purposes. The modern development of the video image recognition and training technologies allowed the creation of gesture recognition systems. They are designed to provide a society of deaf and hearing impaired people a more convenient way of communication. The task of the device is the translation of sign language in written or audio-speech. In the present paper we made a review of the most popular hardware methods for collecting data on gestures and their processing. The paper suggests using the Leap motion controller [1] in the gesture recognition system, since such a controller allows you to get rid of problems with the process of recognizing the user's hands and highlighting the main characteristics. The high speed of information processing and independence from the lighting conditions allows you to consider Leap Motion as the basis for an effective and versatile gesture recognition system.

**Ключевые слова:** язык жестов, система распознавания, классификация, методы сбора данных, компьютерное зрение.

**Keywords:** sign language, recognition system, classification, data acquisition methods, computer vision.

На сегодняшний день насчитывается более 300 миллионов глухих и слабослышающих людей по всему миру, которые сталкиваются с проблемами коммуникации. В обычных условиях им на помощь приходит язык жестов. Однако большинство здоровых людей с ним не знакомы, что формирует изоляцию сообщества глухих. Можно выделить три основных компонента в языке: дактильная азбука, где каждой букве языка соответствует определенный жест; вокабулярий уровня слов; не рукописные свойства, лицевые экспрессии, позиции языка, тела и прочее.

Дактильная азбука и вокабулярий состоят в основном из жестов.

Сами жесты классифицируются на:

1. Статические: включают в себя только позы рук и их конфигурации. Поза – это специальная комбинация из ориентации ладони, пальцев и их наклона. Они воспринимаются как статичные изображения и к ним применимы методы распознавания изображений на плоскости.

2. Динамические: являются последовательностью статических жестов, связанных непрерывным движением.

Развитие инновационных технологий открывает широкие возможности во всех человеческих сферах, в том числе и для помощи людям с ограниченными возможностями. Системы распознавания языка жестов обеспечивают глухонемых людей «платформой» для выражения собственных идей и мыслей обществу, не знакомому с языком жестов. Главной задачей системы является запечатлеть элементы языка жестов, распознать его и перевести в письменную или звуковую речь. В общем случае, процедура распознавания состоит из шести пунктов (рисунок 1).

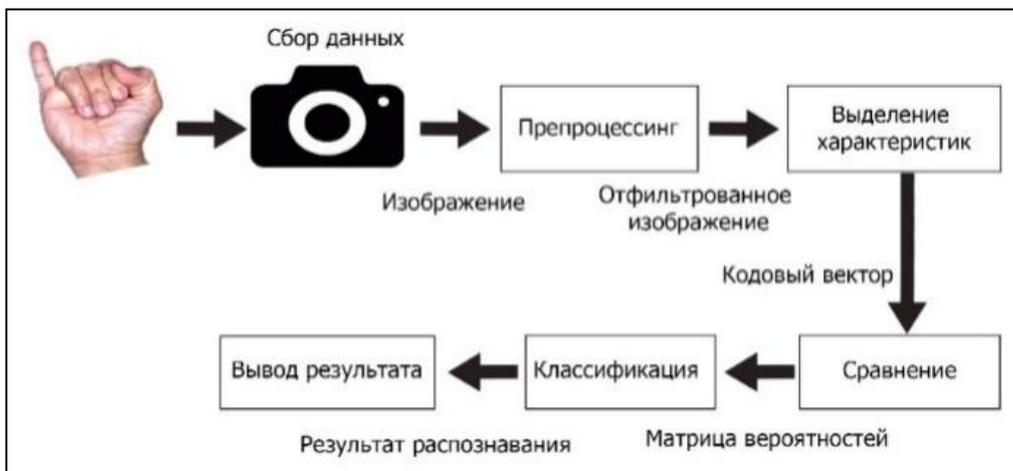


Рисунок 1. Процедура распознавания жеста.

1. Сбор информации состоит в процессе захвата информации от устройств регистрации.

2. Преоброцессинг производит фильтрацию данных для последующей обработки.

3. Выделение характеристик преобразовывает отфильтрованную информацию в кодовый вектор.

4. Сравнение кодового вектора с шаблонами, сохраненными в базе данных.
5. Классификация происходит на основе предыдущего пункта. Алгоритм производит процедуру выбора шаблона, который наиболее соответствует введенному вектору.
6. Вывод результата распознавания и дополнительной информации.

Первые разработчики имели успехи в создании систем распознавания жестов при помощи «умных перчаток».

Эти носимые устройства представляли собой набор сенсоров на перчатке, которые отслеживают положение ладони и каждой фаланги.

Точность сбора данных ограничивается лишь разрешающей способностью датчиков. Так, например, в работе [2, С. 11-14] используют сенсоры изгиба и акселерометры на каждой руке, которые используются для определения их наклона в пространстве. В работе [3, С. 98-104] использует 5DTDatagloves – перчатки с 5 магнитными датчиками, отслеживающими одиннадцати свойств для одной руки: позиции в трехмерном пространстве, поворот ладони, изгиб пальцев.

Преимуществами этого метода сбора данных является большой объем регистрируемой информации и его точность.

Высокая стоимость оборудования и необходимость ношения перчаток делает такие устройства неудобными к использованию в повседневной жизни.

Постепенно с развитием видеоаппаратуры сформировались стандартные системы распознавания, основанные на использовании камер видимого диапазона.

Варианты типов камер и их расположения могут быть различны.

В [4, С. 434-441] исследователи используют веб-камеру ноутбука и MultiSim для записи и обработки данных.

В работе [5, С. 382-387] использует камеру с частотой 60 кадров в секунду и программный фильтр кожи.

Благодаря использованию камер значительный опыт в области распознавания объектов может быть перенесен в область языка жестов. Второй положительной стороной является обширная база данных жестов.

Однако решение имеет существенные недостатки, связанные со способом сбора информации о жесте.

На качество съемки влияет свойства камеры, такие как разрешение и светочувствительность, формат выходного файла. Прямое влияние точности распознавания от камеры увеличивает стоимость и комплексность системы. Кроме того, влияние оказывают внешние условия съемки: освещение, угол и расстояние между объектом и камерой, что непосредственно отражается на сценариях использования.

С точки зрения процесса распознавания алгоритмы ограничены двухмерным пространством, а расширение алгоритма влечет за собой увеличение расходов в связи с использованием второй камеры.

В качестве методов сбора данных также используются специализированное оборудование, разработанное для определения жестов. Наиболее распространенными среди них являются продукты Microsoft Kinect и Leap Motion Controller. Оба устройства используют инфракрасные осветители и камеры.

Microsoft Kinect может одновременно отображать картину глубины и цвета, что упрощает процесс отделения объекта от фона.

Платформа Microsoft Kinect обеспечивает богатый набор информации и не зависит от внешних факторов.

Устройство передает информацию о движениях тела и выстраивает картину скелета пользователя (рисунок 2).



Рисунок 2. Распознавание и построение скелета пользователей устройством Microsoft Kinect; а – цветное изображение, б – картина глубины.

Несколько проектов в работах [6, С. 1-6] и [7, С. 22-26] показали, что Microsoft Kinect хорошо справляется с задачей распознавания обширных жестов, включающих в себя позу и движения рук.

Однако ограничение системы не позволяют охватывать мелкую моторику пальцев, что не позволит использовать его в тактильной азбуке и в значительном наборе слов языка жестов.

В данной работе нами предлагается использовать контроллер Leap Motion. Устройство использует три инфракрасных светодиода для подсветки зоны распознавания и две камеры (рисунок 3). Рабочая зона представляет собой перевернутую пирамиду объемом около 8 кубических футов и дальностью распознавания около 60 см.

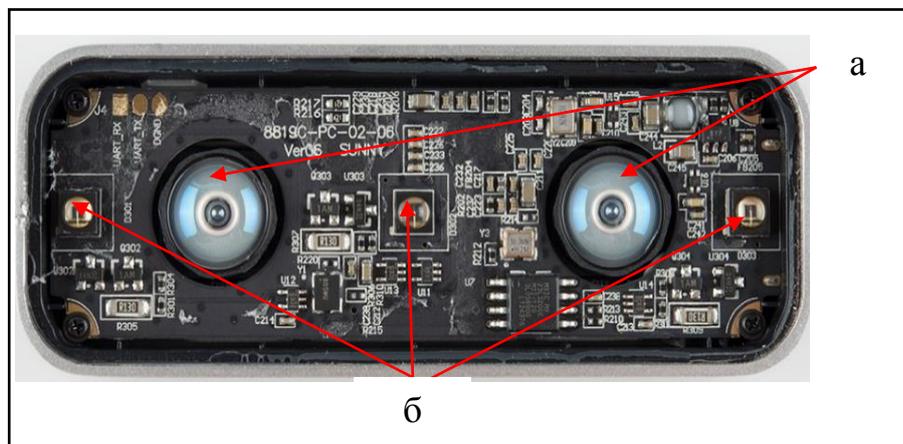


Рисунок 3. Внутреннее устройство контроллера Leap Motion; а – инфракрасные камеры, б – инфракрасные светодиоды

Устройство интерпретирует пространство как трехмерную прямоугольную систему координат с центром между двух инфракрасных камер. Leap Motion отслеживает руки, пальцы, фаланги и объекты-указатели, такие как карандаш или письменная ручка.

Встроенное в драйвер устройства программное обеспечение отвечает за задачи распознавания и последующего препроцессинга. Далее информация передается пользовательским приложениям при помощи API. По сравнению с Microsoft Kinect, выходные данного которого являются чистым потоком информации датчиков, Leap Motion производит процедуру фильтрации шумов и распознавания. С декабря 2018 года производителем введена возможность получения необработанного видеопотока с

инфракрасных камер контроллера. Помимо базового режима работы с частотой подачи сигнала 120 кадров в секунду существуют два режима для решения задач, требующих точность и скорость обработки данных:

– высокая скорость – уменьшает разрешение инфракрасных камер на четверть, при этом повышая скорость сканирования до 240 кадр/с;

– высокая точность – устройство увеличивает точность распознавания, сокращая скорость обработки кадров на 40% до 60 кадр/с.

В результате распознавания API выделяет характеристики для руки, пальцев, костей и жестов. В работе [8, С. 6380-6393] были проведены эксперименты по измерению точности определения координат руки в пространстве. В статике устройство может обеспечивать среднюю точность в 0,7 мм, повторяемость результатов крайне велика – девиация между сериями экспериментов составила 0,17 мм. При динамическом перемещении, возможно, достичь точности менее чем 2,5 мм (среднее значение – 1,2 мм).

### **Выводы**

Предложенное решение Leap Motion является перспективной аппаратной платформой для создания системы распознавания языка жестов. Наличие в устройстве инфракрасных камер для сбора видеосигнала нивелирует влияние освещенности и позволяет анализировать трехмерную картину жеста. Процедура препроцессинга и выделения характеристик, выполняемые встроенным программным обеспечением, упрощает создание приложений. Все это вместе с высокой детализацией скелета рук и точностью 2,5 мм в динамическом режиме позволяет эффективно обрабатывать полученную информацию. Недостатком устройства является ухудшение точности распознавания при непосредственной близости источников инфракрасного излучения.

### **Литература**

1. The Leap motion company // [www.leapmotion.com](http://www.leapmotion.com)
2. Lokhande P. Data Gloves for Sign Language Recognition System // International Journal of Computer Applications. 2015. С. 11-14.
3. Thang P.Q., Dung N.D., Thuy N.T. A comparison of SimpSVM and RVM for Sign Language Recognition. // the International Conference on Machine Learning and Soft Computing – ICMLSC '17. 2017.С. 98-104.
4. Raheja J.L., Mishra A., Chaudary A. Indian Sign Language Recognition Using SVM //Pattern Recognition and Image Analysis archive Volume 26 Issue 2. 2016. С. 434-441.
5. SubhaRajam P., Balakrishnan G. Sign Language Recognition System For Deaf And Dumb People // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 2013. С. 382-387.
6. Huang J., Zhou W., Li H., Li W. Sign language recognition using 3D convolutional neural networks // IEEE International Conference; 2015. С. 1-6.
7. Chai X, Li G, Lin Y, Xu Z, Tang Y, Chen X. Sign Language Recognition and Translation with Kinect // The 10th IEEE International Conferenceon Automatic Face and Gesture Recognition. 2013. С. 22-26.
8. Weichert F., Bachmann D., Bartholomäus R., Fisseler D. Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller //Sensors (Basel). 2013. С. 6380-6393.

УДК 004.057.4 + 630.3

**ЗАМЕНИТ ЛИ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ETHERNET  
ШИНУ CAN ДЛЯ ЛЕСНЫХ МАШИН?**

**WILL THE INDUSTRIAL ETHERNET REPLACE  
TYRE CAN FOR FORESTRY MACHINES?**

Васенёв М.Ю.,  
«Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

M.Yu. Vasenev,  
Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russian Federation

e-mail: AspIVS16.20@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье поднимается актуальный вопрос о перспективах внедрения технологии Industrial Ethernet в современные и ныне проектируемые лесозаготовительные машины. Дается краткая оценка рассматриваемой проблемы. Акцентируется внимание на то, чтобы соответствовать всем требованиям потребителя, производитель техники должен своевременно её модернизировать. Выделяются такие недостатки полевых шин, как недостаточная пропускная способность и расширяемость. Подчеркивается привлекательность рынка промышленного Ethernet для производителей и разработчиков аппаратных компонентов и программного обеспечения. Приводится ряд основных достоинств и преимуществ от внедрения решений на основе Industrial Ethernet, например, независимость от производителя оборудования, гибкость в выборе топологии, простота диагностики и обслуживания компонентов и т.п. Анализируются требования к сетевому стандарту, которые наиболее интересны для компаний, выпускающих подобную технику. Производится сравнение технологий CAN/CANopen и одного из самых перспективных стандартов из группы Industrial Ethernet – EtherCAT методом балльной оценки. Делаются выводы о привлекательности данной технологии при построении лесозаготовительных машин нового поколения, а также модернизации существующих. Рассматриваются перспективы существования систем управления и контроля с использованием сетей обоих типов.

**Abstract.** In this article is brought up an actual question of perspectives of implementation Industrial Ethernet in modern and designed tree harvesting machines. There is given a brief assessment of the considered problem. There is accented attention, in order to be up to the quality of consumer, a technical equipment manufacturer must modernize it in time. Limitations of fieldbuses, as insufficient channel capacity and expansibility, are highlighted. The market attractiveness of Industrial Ethernet for manufacturers and developers of hardware and software is emphasized. There is given a line of main dignities and advantages of implementation solution based on Industrial Ethernet, e.g. independence from equipment maker, flexibility in topology selection, simplicity of troubleshooting and maintenance etc. There are analyzed requirements for network standard, which are most interesting for companies, producing similar equipment. There is produced technologies (CAN/CANopen and one of the most perspective standard from Industrial Ethernet group – EtherCAT) comparison by means of scoring. There are made conclusions about an appeal of this

technology in the construction of the new forest machines, as well an upgrading of existing. Prospects of control systems with use both types of networks are reviewed.

**Ключевые слова:** Industrial Ethernet, полевые шины, лесозаготовительная техника, привлекательность рынка, EtherCAT.

**Keywords:** Industrial Ethernet, fieldbuses, tree harvesting machines, market attractiveness, EtherCAT.

Каждая современная лесозаготовительная машина, будь то форвардер или харвестер, состоит из различных разнесённых по всему корпусу датчиков, исполнительных механизмов и прочих агрегатов. Поэтому крайне важно организовать между ними надёжную и уверенную связь. В настоящее время чаще всего для этой цели применяются *полевые шины* (fieldbuses), например, CAN или CANopen или какие-либо проприетарные решения от самих производителей техники.

Однако требования к системам управления современной техникой постоянно растут: машины становятся всё более интеллектуальными и «самостоятельными», появляется большое количество систем автоматизированного управления и контроля над определёнными, часто повторяющимися действиями. Например, если ранее операторам лесных машин постоянно приходилось следить за ситуацией сзади (чтобы не зацепить подвеску за оставшийся пень, не наехать на бригаду рабочих или врезаться в штабель), то сейчас, в ряде современных машин подразумевается такая опция, как установка системы контроля над препятствиями в «слепой зоне» (рисунок 1). Это, несомненно, позволит избежать множества проблем на делянке, а также облегчить работу оператора и продлить срок службы дорогостоящей машины.



Рисунок 1. Определение препятствия в «слепой зоне» машины [1]

Данный пример является лишь одним из многих; количество различных «помощников» оператора продолжает расти, и существующие решения на основе CAN/CANopen уже не могут удовлетворить растущие требования по пропускной способности и расширяемости, в связи с этим промышленный Ethernet (*Industrial Ethernet*) представляется довольно привлекательным кандидатом на замену. Более того, «классический» Ethernet уже давно повсеместно применяется в бытовых и промышленных областях, что позволяет использовать готовые компоненты, программное обеспечение и инструменты [2].

Итак, целью данной статьи является поиск ответа на вопрос: «Сможет ли в ближайшее время промышленный Ethernet вытеснить традиционные решения, применяющиеся в лесной технике?»

### История вопроса

Если говорить про Industrial Ethernet, то одним из ключевых эпизодов в его биографии является создание в 1999 году Industrial Ethernet Association (IEA,

www.industrial-ethernet.com), которая была организована по инициативе шести компаний (Synergetic Micro Systems, Grayhill, HMS Fieldbus Systems, Hilscher, Contemporary Controls и Richard Hirschmann) [3]. Именно тогда был получен первый мощный импульс для развития данной технологии.

Сейчас существует ряд наиболее популярных протоколов (*Ethernet/IP*, *Profinet*, *Powerlink*, *Sercos III*, *EtherCAT*), конкурирующих между собой за право стать единственным мировым стандартом. А какой из них будет царить на рынке Industrial Ethernet, покажет только время. Но неоспоримо одно – это привлекательность данного рынка (рисунок 2).

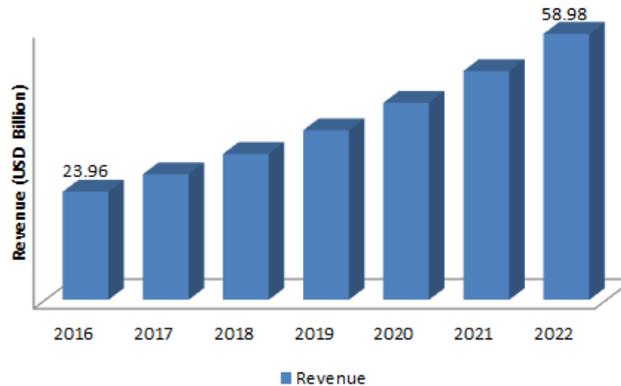


Рисунок 2. Доходы от рынка Industrial Ethernet: текущие и прогнозируемые [4]

### Что требует производитель техники?

Кратко остановимся на тех положительных моментах, которые наиболее интересны для компаний, выпускающих подобную технику (лесную, сельскохозяйственную, строительную и т.д.) [5]:

- *Независимость от производителя оборудования.* Например, технология EtherCAT поддерживается ассоциацией EtherCAT Technology Group, членами которой являются более 4000 компаний из различных стран-производителей оборудования и программного обеспечения. А в экстренной ситуации некоторые компоненты можно заменить на обычные, приобретённые в каком-нибудь компьютерном магазине поблизости.

- *Гибкость в выборе топологии.* Допускается использование большинства топологий (кольцо, дерево, звезда, линия) и их комбинаций.

- *Высокая пропускная способность.* Не является секретом, что возросшие требования привели к тому, что поток данных, передаваемых в сложных машинах, стал значительно превосходить возможности CAN-шины (до 1 Мбит/с). Пришлось увеличивать пропускную способность за счет использования нескольких CAN-интерфейсов или внедрять решения на основе CAN-FD (до 12 Мбит/с) [6]. Логично, что у решений из категории Industrial Ethernet с его пропускной способностью до 1 Гбит/с на данном этапе с этим проблем не наблюдается.

- *Повышенная надёжность.* На первоначальном этапе развития технологии компоненты не слишком отличались от тех, которые были предназначены для использования в офисе или дома. Они были уязвимы к электромагнитному излучению, боялись повышенной влажности, вибраций и т.д. Сейчас такая проблема, можно сказать, отсутствует (рисунок 3).



Рисунок 3. Обычный Cat-5e кабель и его аналог в защищённом исполнении [7]

– *Диагностика и сервис.* Практически все стандарты из группы промышленного Ethernet имеют встроенные инструменты для диагностики компонентов (на мастере или световая индикация на ведомых устройствах). Они позволяют точно локализовать проблему, что сокращает время простоя при поломке.

### Сравнение технологий

Далее составим таблицу балльной оценки технологий CAN/CANopen и одного из самых перспективных, на наш взгляд, стандартов из группы Industrial Ethernet – EtherCAT (таблица 1). Отметим в ней наиболее важные технические и экономические характеристики технологий [8-10].

Таблица 1 – Балльная оценка технологий CAN/CANopen и EtherCAT.

Характеристики, влияющие на принятие решения	Относительный вес	Коэффициент										Взвешенная оценка				
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	CAN/CANopen	EtherCAT		
Надёжность	0,18														0,144	0,144
Масштабируемость	0,07														0,021	0,063
Быстродействие	0,14														0,07	0,126
Компонентная база	0,1														0,08	0,06
Резервирование	0,18														0,054	0,144
Простота обслуживания	0,16														0,128	0,096
Текущая доля рынка	0,04														0,012	0,020
Конкурентная цена компонентов	0,1														0,06	0,05
Поддержка технологии в РФ	0,03														0,015	0,009
Итого:	1,0														0,584	0,712
Шкала оценки:																
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0-0,4 – плохо;</li> <li>• 0,41-0,75 – удовлетворительно;</li> <li>• 0,76-1,0 – хорошо</li> </ul>														
		+ – CAN/CANopen;														
		* – EtherCAT														

Из взвешенной оценки видно, что применение технологии EtherCAT предпочтительнее CAN/CANopen.

### **Выводы**

Отрицать привлекательность Industrial Ethernet для использования в построении лесозаготовительных машин нового поколения невозможно, ведь данная технология «развязывает руки» производителям и позволяет создать максимально производительные, умные и функциональные модели.

Конечно, пока ещё невозможно говорить о полном уходе от использования полевых шин, так как всё-таки, например, на уровне шасси/трансмиссии дешевле использовать именно их (высокие скорости передачи там не нужны, более широкая элементная база и т.п.). Однако в будущем, вероятно, они будут вытеснены решениями на основе Industrial Ethernet, но это покажет время.

### **Литература**

1. SICK Россия. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sick.com/ru/ru> (дата обращения 10.03.2019).
2. Хэнк П., Шурман Т., Мюллер Ш. Автомобильный Ethernet: комплексный подход к следующему поколению сетевого стандарта для автотранспорта // Control Engineering Россия.– 2013.– № 1.
3. Промышленный Ethernet [Электронный ресурс]. – URL: <https://is.gd/DZINjG> (дата обращения 12.03.2019).
4. Industrial Ethernet Market To Witness Double-Digit Growth, Revenue To Surge To US\$ 58.98 Billion By 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <https://is.gd/G78WAK> (дата обращения 12.03.2019).
5. Таксе Ш., Веселич М. Ethernet реального времени в мобильной автоматизации // ИСУП.– 2016.– № 5.
6. CAN FD – новый интерфейс передачи данных от Bosch [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.embeddedsystem.ru> (дата обращения 12.03.2019).
7. The Ultimate 600V Ethernet Cable for Heavy Industry [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.belden.com> (дата обращения 12.03.2019).
8. Сравнение CAN и Ethernet [Электронный ресурс]. – URL: <https://is.gd/HUWk96> (дата обращения 14.03.2019).
9. From Fieldbus to Industrial Ethernet [Электронный ресурс]. – URL: <https://is.gd/50BAKm> (дата обращения 14.03.2019).
10. EtherCAT Technology Group [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ethercat.org/> (дата обращения 14.03.2019).

УДК 004.942:355.58:351.74:614.8:699.81:654.924

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ  
БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ**

**SYSTEM OF SUPPORT CONTROL OVER THE COMPREHENSIVE OBJECTS  
SAFETY WITH MASS STAY OF PEOPLE**

Корнеев Н.В.,  
Тольяттинский государственный университет,  
г. Тольятти, Российская Федерация

N.V. Korneev,  
Togliatti State University, Togliatti, Russian Federation,

e-mail. niccyper@mail.ru

**Аннотация.** Проведен анализ и определены аспекты задач защиты, связанные с управлением процессом обеспечения комплексной безопасности объектов, в том числе разработкой адекватных методик оценки уровня защищенности объектов, разнородностью объектов охраны, динамически изменяемой структурой создаваемых интегрированных систем безопасности, технических средств охраны и людских ресурсов. Предложен методологический подход к построению системы поддержки управления комплексной безопасности объектов с массовым пребыванием людей, включающий алгоритмы: категорирования объектов защиты, определения общих требований к системе комплексной защиты объектов, с учетом действующей нормативной базы, классификации нарушителей и порождаемых ими угроз, формирования сценариев в модели нарушителя на основании гипотез о действиях нарушителя в модели угроз, анализа данных об объекте, его инженерно-технической укреплённости и нарушителях с установкой параметров математической модели поддержки управления для создания обобщённой модели нарушителя объектов с учётом террористической, криминальной, и пожарной составляющей с применением алгоритмов интеллектуального анализа данных k-means, ID3 и C4.5.

**Abstract.** The analysis is carried out and the aspects of problems protection, the bound to process control of ensuring comprehensive objects safety, including development of adequate techniques assessment of level security objects, heterogeneity of objects protection which is dynamically changed by structure of the created federated systems of safety, technical means of protection and human resources are defined. The methodological approach to creation of system of support control over the comprehensive objects safety with mass stay of people including algorithms: of categorization of subjects to protection, definition of the general requirements to the system of comprehensive objects safety, taking into account the operating regulatory base, classification of infringers and the threats generated by them, formation of scenarios in the infringer's model on the basis of hypotheses of actions infringer in model of threats, the analysis of data on an object, its engineering and technical reinforcement and infringers with installation of parameters mathematical model of support control for creation of the generalized model infringer of objects taking into account a terrorist, criminal, and fire component with application of algorithms intelligent data analysis k-means, ID3 and C4.5.

**Ключевые слова:** система поддержки управления, комплексная безопасность, объекты с массовым пребыванием людей, интеллектуальный анализ данных.

**Keywords:** system of support control over, comprehensive safety, objects with mass stay of people, intelligent data analysis.

В последние годы чрезвычайно масштабными стали террористические угрозы, реагировать на которые необходимо исходя из понятия «безопасность в ЧС» (п.2.1.3 ГОСТ Р 22.0.02-94).

Анализ показал, что наиболее опасными объектами для угроз таких актов являются объекты с массовым пребыванием людей: многофункциональные центры (МФЦ), детсады, школы и др.

Так, согласно постановлению Правительства РФ №272, местом массового пребывания людей является объект, на котором при определенных условиях может одновременно находиться более 50 человек.

В новых условиях существования общества и с учётом сокращения бюджетного финансирования вопросы безопасности таких объектов должны решаться в комплексе и на научной основе, где особенно актуальными становятся аспекты задач защиты, связанные с управлением самим процессом обеспечения комплексной безопасности.

Для построения системы поддержки управления комплексной безопасностью объектов с массовым пребыванием людей требуется научная проработка моделей и алгоритмов поддержки управления.

Одним из таких направлений является разработка методов и алгоритмов формирования моделей нарушителя (МН) для антитеррористической и противокриминальной защиты (АТПКЗ) объектов с одновременным решением ряда задач по обеспечению пожарной безопасности. Такая постановка задачи дает возможность сформировать более эффективный комплекс действий по обеспечению безопасности объектов с массовым пребыванием людей, и одновременно решить задачи по сокращению времени реакции служб безопасности самих объектов, служб пожарной охраны и полиции.

Решение указанных задач в зарубежных странах строят на ряде методов, связанных с определением приоритета типа нарушителя и его категории, а также вероятных путей его проникновения и последствий его действий. В этих условиях необходимо их прогнозирование и применение предупреждающих или компенсирующих их технических способов физической и противопожарной защиты выбранных социальных объектов.

Эффективному развитию данного направления в России во многом мешает отсутствие нормативной и законотворческой базы для разработки и создания системы поддержки управления комплексной безопасностью объектов с массовым пребыванием людей.

Ситуация усложняется еще и тем фактом, что составные элементы управления указанной системы принадлежат к разным структурам и ведомствам и недостаточно хорошо изучены.

Научные публикации, как отечественных ученых Топольского Н.Г., Брушлинского Н.Н., Кафидова В.В., Косорукова О.А., Минаева В.А., Членова А.Н., Измалкова В.И., Вишнякова Я.Д., Бабинова В.Г., Шепитько Г.Е., Белозеров В.В., Бутузова С.Ю., Корнеева Н.В., так и зарубежных ученых Angelucci M., Becker G.S., Davis P. K., Cragin K., Haddal C.C., Kiekintveld C., Kreinovich V., Lerma O., Malczynski L., Cockerill K., Forster C., Passell H., Pita J., Jain M., Marecki J., Ordóñez F., Portway C., Sesnowitz M., Willis H.H., Predd J. B., Davis P.K., Brown W.P. свидетельствуют, что в

настоящее время построение и разработка адекватных методик оценки уровня защищенности объектов является сложной проблемой, в связи с разнородностью объектов охраны, динамически изменяемой структурой создаваемых интегрированных систем безопасности (ИСБ), технические средства охраны (ТСО) и людских ресурсов.

Попытки формализации, подведения общего знаменателя в последние несколько лет приводят к изобретению различных «интегральных» критериев [1, с. 21], методов и алгоритмов оптимизации порядка проверки охраняемых объектов на основе исследования вероятностно-временных характеристик действий нарушителей и подразделений вневедомственной охраны [2, с. 142], моделей и средств автоматизации управления техносферной безопасностью [3, с. 9], методов устойчивого управления информационными процессами и структурами охраняемых систем в условиях негативных воздействий [4, с. 40], формированию специальных погранометрических моделей [5, с. 9] и др.

В тоже время за рубежом, например, в США, как указывает автор статьи [6, с. 2] для оценки эффективности охраны используется временной анализ действий сил охраны и нарушителя, и оценивается время задержки нарушителя и охраны. В этой связи возникает комплекс проблем, связанный с получением адекватных исходных данных относительно временных показателей по преодолению физических барьеров, оценкой времени передвижения нарушителя до объекта, от барьера к барьеру; точности метода и алгоритма расчета. В отношении последнего особенно актуальны слова из книги [7, с. 42] о существующих компьютерных программах и алгоритмах: «используются только средние значения времен задержки и реакции. Их алгоритмы дают сбой, если вводятся отклонения». В этом случае необходима реализация упреждающего режима в охраняемых системах [8, с. 113], которая может базироваться на системе предпроектного анализа комплексной безопасности объекта на базе модели нарушителя, развиваемого в работах Н.В. Корнеева, Ю.В. Колесниковой, В.А. Гончарова [9, с. 447; 10, с. 109; 11, с. 277].

Так в отечественной и зарубежной литературе и практике в данной области строгие математические модели, внутри которых предложены критерии эффективности поддержки управления в данной области обеспечения комплексной безопасности, в принципе, отсутствуют.

В настоящее время задачи поддержки управления комплексной безопасностью решаются отдельно для каждого из направлений. Сами задачи управления отдельными элементами комплекса мер по обеспечению безопасности решаются различными ведомствами по-своему с применением собственных методик. Сформированная и устоявшаяся в области управления терминология не совпадает по понятиям с аналогами в каждой из интересующих нас сфер. В частности, функционирование МН в части физической защиты объектов описывается в рамках графических, структурных режиссур имитационных и трехмерных моделей, применяемых специалистами, ассоциированными с Министерством внутренних дел и Федеральной службой войск национальной гвардии Российской Федерации. А в части, касающейся противопожарной защиты объектов специалистами МЧС России.

Динамика изменения процессов, в том числе в МН объектов защиты, показывает, что существующие построения применяются некорректно из-за наличия постоянно возникающих изменений в ряде параметров модели. К ним можно отнести: комплексы новых действий по обеспечению безопасности объектов, их эффективность, рассчитанная по различным методикам, время реакции служб безопасности, служб вневедомственной охраны, полиции и частей пожарной защиты. Так, например, в [12, с. 7] указывается, что диапазон, в котором находится разброс среднего времени прибытия первого пожарного подразделения на место пожара составляет (2012 г. –

16,48 мин.; 2013 г. – 15,96 мин.; 2014 г. – 14,65 мин.), а в [13, с. 4], что в России каждые 3 минуты происходит один пожар и каждые 4 минуты поступает один ложный вызов, и по причине обслуживания ложных вызовов на каждом 10-м пожаре погибает или травмируется 1 человек.

В [14, с. 10] указывается, что наименее тяжёлые последствия пожара наблюдаются во Франции и Великобритании, где в среднем приходится свыше 30 травмированных человек на одного погибшего и это объясняется опять же временным фактором оперативного реагирования частей пожарной защиты, который напрямую зависит от уровня предпроектного анализа комплексной безопасности на соответствующих объектах.

В отношении ЧС на объектах с массовым пребыванием людей, связанными с террористическими актами, взрывами и т.п. наблюдается рост количества крупных ЧС с 4 случаев в 2015 г. до 12 случаев в 2016 г., при этом существенно увеличилось число погибших и пострадавших людей с 40 чел. в 2015 г. до 193 чел. в 2016 г. по статистическим данным официального сайта МЧС России.

Ввиду указанного комплекса проблем наиболее рациональным видится подход, изложенный еще в 2009 г. в работе Н.В. Корнеева [9, с. 447] и далее совместных работах с Ю.В. Колесниковой, В.А. Гончаровым [10, с. 109; 11, с. 277], позволяющий еще на уровне предпроектного анализа дать четкие и ясные критерии того, как оборудовать объект техническими средствами охраны, построить систему поддержки управления комплексной безопасностью объектов, а также эффективную ИСБ.

Первым шагом к определению исходных данных для системы поддержки управления комплексной безопасностью объектов следует считать алгоритм категорирования объектов защиты.

Затем определяются общие требования к системе антитеррористической и противокриминальной защиты объектов, основанные на требованиях к составу средств инженерно-технической укреплённой (ИТУ) объекта в соответствии с действующей нормативной базой.

Наконец, проводится классификация нарушителей и порождаемых ими угроз. На основании гипотез о действиях нарушителя в модели угроз в МН включаются несколько сценариев.

Итогом проведённого анализа данных об объекте, его ИТУ и нарушителях является установка параметров математической модели поддержки управления для создания обобщённой модели нарушителя объектов с учётом террористической, криминальной, и пожарной составляющей.

Соответствующие исходные данные, например, минимальные оценочные значения показателей действий нарушителя предполагается получить экспертным путем с применением алгоритмов интеллектуального анализа данных k-means, ID3 и C4.5 и получить деревья решений для системы поддержки управления.

Предварительный массив исходных данных подготавливается с помощью экспертов, имеющих стаж и опыт работы не менее 2 лет (Указ Президента РФ от 16.01.2017 №16).

Затем уточняется и ранжируется с учетом: натуральных экспериментов по разрушению наиболее распространённых средств ИТУ на базе экспериментальной площадки управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Самарской области; хронометрирования времени достижения нарушителем средств ИТУ с учетом различных сценариев действий нарушителей на объектах.

В качестве экспертов привлекались руководители и главные специалисты управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления

МЧС России по Самарской области, ЗАО Амулет, ЗАО НПО Эшелон, НИЦ «Охрана» Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации, Академии ГСП МЧС России.

Эффективность такого подхода в 2014 году была принята и ФГБУ ВНИИПО МЧС России, где в методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденной приказом МЧС от 30.07.2009 г. №382, с изменениями, утвержденными приказом МЧС от 12.12.2011 г. №749, используются сценарии развития пожара с временными характеристиками блокирования эвакуационных выходов.

В отношении криминальной составляющей, указанный подход Н.В. Корнеева и Ю.В. Колесниковой также находит свое активное применение, например, анализ технических средств охранной сигнализации [15, с. 47] показывает, что их собственное время обнаружения составляет, как правило, от долей секунды до нескольких секунд, что гораздо меньше среднего времени преодоления нарушителем ИТУ, именно эту составляющую необходимо существенно изучать, проводить предпроектный анализ и моделировать, с целью значительного увеличения вероятности пресечения кражи.

## **Выводы**

Таким образом, в настоящее время отсутствует система поддержки управления комплексной безопасностью объектов с массовым пребыванием людей, ее построение и разработку можно рассматривать через призму частных задач, часть которых уже решена в работах Н.В. Корнеева, Ю.В. Колесниковой, В.А. Гончарова [9, с. 447; 10, с. 109; 11, с. 277]: математическая модель поддержки управления для создания обобщенной модели нарушителя объекта с массовым пребыванием людей; набор параметров оценок критериев эффективности модели управления комплексной безопасностью при решении задачи построения модели нарушителя объекта с массовым пребыванием людей; алгоритм поддержки управления для создания модели нарушителя объекта с массовым пребыванием людей в общем виде; алгоритм категорирования объекта защиты для МН антитеррористической, противокриминальной и противопожарной защиты; имитационное ПО для динамического изменения МН с учётом различных параметров.

Задачи дальнейших научных исследований включают:

- разработку методики формирования требований к системам безопасности (СБ) объектов на основе обобщенной модели нарушителя объекта с массовым пребыванием людей, параметров синтеза модели нарушителя автоматизированным способом и формирования профилей защиты.
- разработку ряда динамических моделей защиты объектов и определение числовых значений параметров оценок террористической, криминальной, и пожарной составляющей на базе экспертных данных с учетом синтеза модели нарушителя автоматизированным способом и формирования профилей защиты.
- формулировку требований к руководящим документам, определяющим управление террористической, криминальной, и пожарной составляющей социальных объектов по разработке, созданию и синтезу модели нарушителя автоматизированным способом в качестве рекомендаций по поддержке управления комплексной безопасностью.

## Литература

1. Шепитько Г.Е. Проблемы охранной безопасности объектов / Г.Е. Шепитько – М.: АЭБ, 2010. – 208 с.
2. Калков Д.Ю. Обоснование состава и структуры моделей поддержки принятия решений в укрупнённом пункте централизованной охраны с использованием системного подхода / В.В. Меньших, Д.Ю. Калков / Вестник Воронежского института МВД России. – 2015. – № 2. – С. 142-148.
3. Белозеров В.В., Нгуен Туан Ань, Топольский Н.Г. Модель автоматизированной системы электрической и пожарной опасности промышленного объекта при термозондировании электрооборудования и лнейно-кабельных сооружений / В.В. Белозеров, Нгуен Туан Ань, Н.Г. Топольский / Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – 2011. – Вып. 2(36). – 9 с. – <http://academygps.ru/ttb>.
4. Исаев О.В. Оптимизация построения систем охраны объектов уголовно-исполнительной системы / О.В. Исаев, С.В. Скрыль / Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2012. – № 1. – С. 40-43.
5. Шумов В.В. Классификация и обзор погранометрических моделей / В.В. Шумов / Труды ИСА РАН. – 2012. – Том 62. – С. 28-41.
6. Панин О.А. Категорирование объектов охраны при проектировании интегрированных систем защиты: обзор подходов / О.А. Панин / Мир и безопасность. – 2004. – № 5. С. 2-5.
7. Гарсиа М.Л. Проектирование и оценка систем физической защиты: пер. с англ. / М.Л. Гарсиа. – М.: Мир, 2003. – 392 с.
8. Чумаков И.А. Реализация упреждающего режима в охранных системах / И.А. Чумаков / Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – 2006. – № 2. С. 113-117.
9. Корнеев Н.В. Концептуальные подходы к оснащению современными системами безопасности предприятий социально-культурного сервиса и туризма / Н.В. Корнеев / Естественные и технические науки. – 2009. – № 3. – С. 447-449.
10. Корнеев Н.В. Программное средство для оценки антитеррористической и противокриминальной защиты объектов / Н.В. Корнеев, Ю.В. Колесникова / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 4. – С. 109-115.
11. Корнеев Н.В. Модель поддержки управления комплексной безопасностью объектов социальной сферы с массовым пребыванием людей / Н.В. Корнеев, В.А. Гончаров / Естественные и технические науки. – 2018. – № 4. – С. 277-281.
12. Алексеев С.П. О сокращении среднего времени прибытия первого пожарного подразделения на пожар / С.П. Алексеев / Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 5(63). – 7 с. – <http://academygps.ru/ttb>.
13. Андросенко С.Г. Ложные вызовы пожарной охраны и их негативные последствия / С.Г. Андросенко, А.А. Корнеев / Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 2(60). – 4 с. – <http://academygps.ru/ttb>.
14. World Fire statistics: Information Bulletin of the World Fire statistic Centre № 27. Geneva. Geneva Association, 2011. 20 p.
15. Тюрин Е.П. Стратегия успешного задержания / Е.П. Тюрин / Скрытая камера – 2002. – №10(8) – С. 46-49.

УДК 004.942

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА  
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАСТЕЙ  
РАБОЧЕГО КОЛЕСА ТУРБОДЕТАНДЕРА****USE OF SOFTWARE PRODUCTS FOR ANALYSIS OF STRESSED-DEFORMED  
STATE REPLACEMENT UNIT**

Гаврилов А.Ю., Майский Р.А.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

Gavrilov A.Y., Maiski R.A.,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: anton.gavrilov1997@mail.ru

**Аннотация.** Турбодетандерные агрегаты в последнее время активно используются в газодобывающей и газоперерабатывающей отрасли. В работе представлен анализ отказов агрегата АДКГ-9-10-УХЛ4. Турбодетандер имеет несколько основных конструктивных элементов. Рабочее колесо агрегата – его основная функциональная деталь, поэтому обеспечение работоспособного состояния данной детали является одним из условий правильной и эффективной эксплуатации агрегата. На каждую лопасть рабочего колеса по направлению движения потока газа действует усилие, равное равнодействующей окружной и осевой сил. Воздействие газового потока не проходит бесследно и со временем приводит к износу. Изнашивание лопастей колеса – это один из наиболее распространенных его отказов. Целью исследования является обнаружение быстро изнашиваемых участков лопасти рабочего колеса с помощью использования программных продуктов для анализа, а именно с помощью программы ANSYS Student 19.2. Получены картины деформации, напряжений, действующих при максимальном усилии, а так же запаса прочности лопасти в различных ее участках. Так же в статье приведена последовательность аналитического расчета, выполнив который с помощью конкретных данных для типа агрегата, можно удостовериться в корректности проведенного исследования в программе.

**Abstract.** Turbo expander units are widely used in the gas industry. The impeller of the unit is the main functional detail of its design. Wear wheel blades is one of the most common of its failures. The purpose of the study is to detect the wear parts of the impeller blade using analysis in the ANSYS Student 19.2 program and using analytical calculations.

**Ключевые слова:** турбодетандерный агрегат, рабочее колесо, лопасть, изнашивание, отказ, поток.

**Keywords:** turboexpander, impeller, blade, wear, failure, flow.

Турбодетандеры занимают весомое положение в промышленной подготовке газа. Турбодетандерные агрегаты – это турбомашины с выделением механической энергии

благодаря увеличению объема газообразного рабочего агента (природного газа), что попутно приводит к снижению температуры газа.

Их использование позволяет увеличить эффективность работы газового комплекса за счет повышения качества природного газа и за счет выработки дополнительной электроэнергии, а также приводит к увеличению ресурса газопроводов [3].

Своевременное выявление и устранение неисправностей турбодетандерных агрегатов – актуальная и важная задача мировой газовой промышленности.

Турбодетандерные агрегаты, как и любое другое нефтегазовое оборудование, имеют большое число типичных неисправностей, которые можно подразделить на внезапные и постепенные.

Проведен анализ неисправностей и отказов турбодетандера АДКГ-9-10-УХЛ4 (рисунок 1).

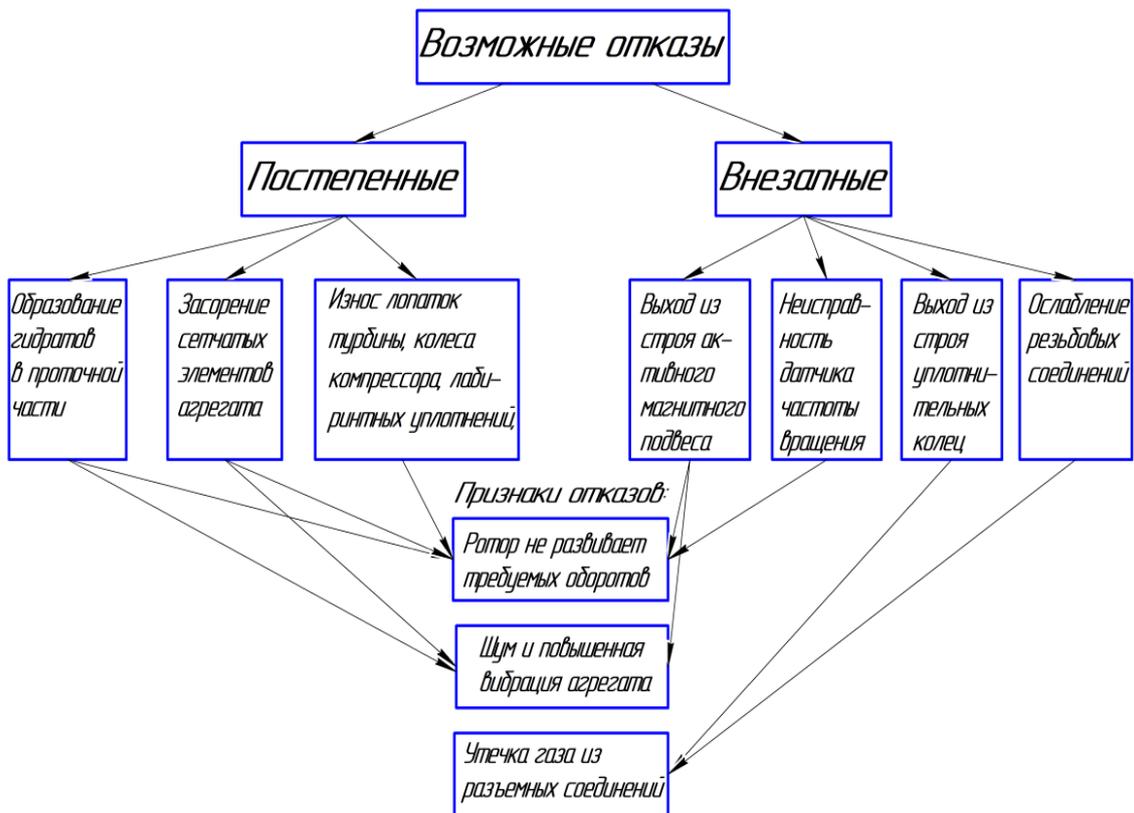


Рисунок 1. Характерные отказы АДКГ-9-10-УХЛ4

Рабочее колесо агрегата – основная функциональная деталь его конструкции, оно пропускает через себя перекачиваемый газ (рисунок 2).

Изнашивание лопастей колеса является одним из наиболее распространенных его отказов.

Рабочие лопасти АДКГ-9-10-УХЛ-4 имеют профиль Р1-1-20 ЦНИИ имени академика Крылова, их высота равна 32 мм. Лопасти данного профиля отличаются высокими характеристиками на переменных режимах работы агрегата.

Лопасти производятся из титанового сплава ВТ6. Данный материал имеет предел прочности  $\sigma_B = 980$  МПа.

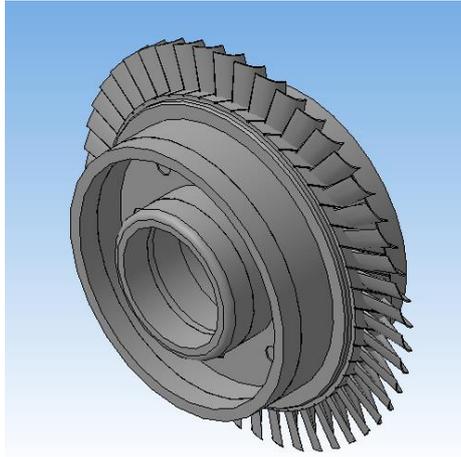


Рисунок 2. Рабочее колесо турбодетандера

На каждую лопасть по направлению движения потока газа действует усилие, равное равнодействующей окружной и осевой сил (рисунок 3).

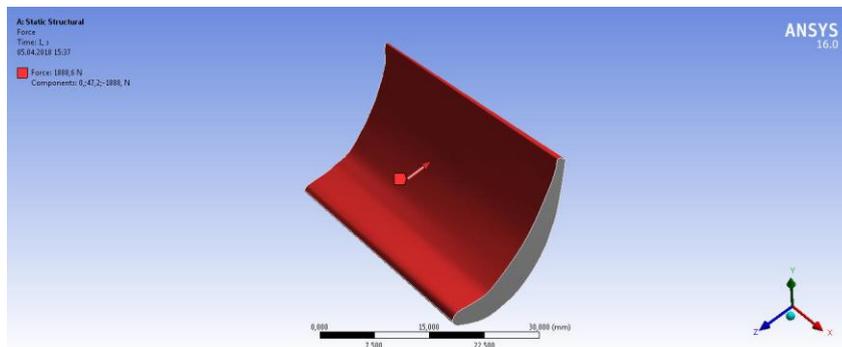


Рисунок 3. Равнодействующая сил со стороны газового потока

Данное усилие  $P$ , с которым газовый поток действует на лопасти рабочего колеса, равно геометрической сумме составляющих по направлению окружной скорости  $P_u$  и направлению оси вращения  $P_a$ . Эти составляющие определяются с помощью теоремы об изменении количества движения массы газа при течении по каналам между лопастями.

По этой теореме сила  $P_u$  равна:

$$P_u = \frac{G}{g} \cdot (c_{1u} + c_{2u}), \quad (1)$$

где  $G$  – массовый расход газа.

Осевая сила равна:

$$P_a = \frac{G}{g} \cdot (c_{1a} - c_{2a}) + F \cdot (p_1 - p_2), \quad (2)$$

где  $p_1$  – давление газа на входе в рабочее колесо;

$p_2$  – давление газа на выходе из рабочего колеса;

$F$  – площадь, занятая рабочими лопастями, которая равна (3):

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_b^2), \quad (3)$$

где  $d_n$  – наружный диаметр кольца, занятого рабочими лопатками;  
 $d_b$  – внутренний диаметр кольца, занятого рабочими лопатками [3].

Цель проведения анализа напряженно-деформированного состояния лопасти в программе ANSYS Student 19.2 – выявление наиболее сильно изнашиваемых её участков.

Результаты расчетов в программе по деформации и максимальным напряжениям, возникающим при максимальном давлении газа, а также по запасу прочности представлены на рисунках 4, 5 и 6.

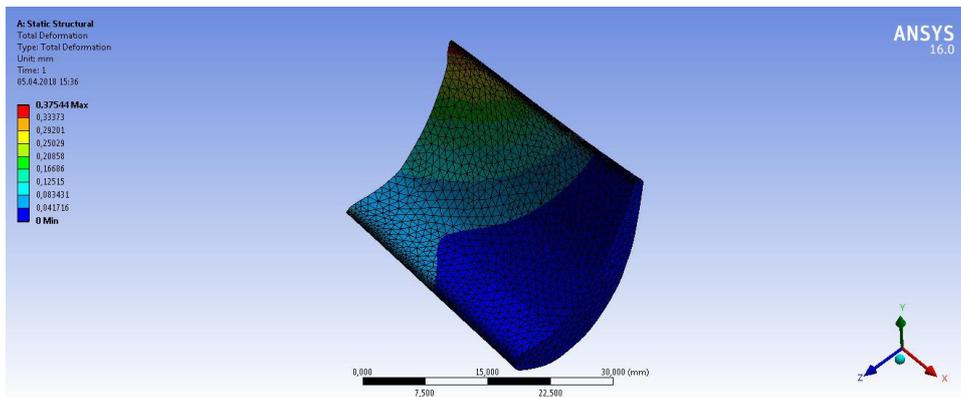


Рисунок 4. Деформация лопасти при максимальном усилии

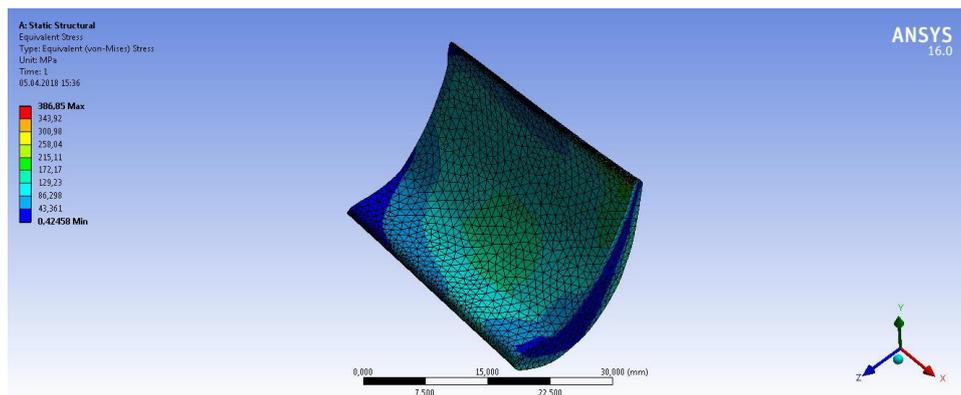


Рисунок 5. Напряжения, возникающие при максимальном усилии

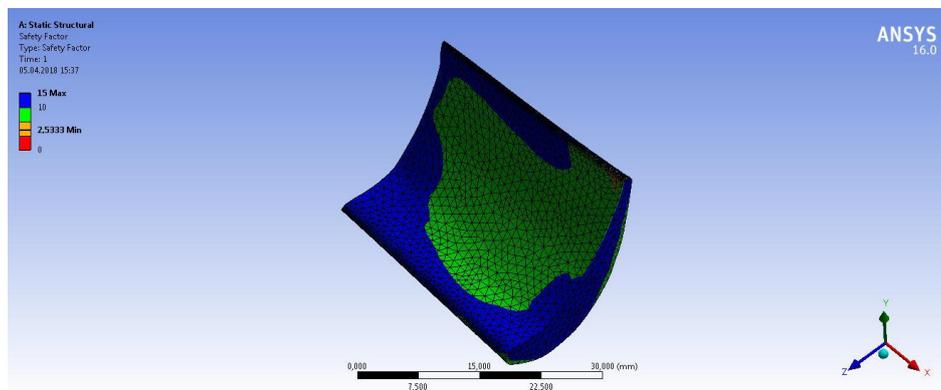


Рисунок 6. Запас прочности лопасти при максимальном усилии

Анализируя результаты, представленные в программе, можно заметить, что наибольшая деформация и наибольшие напряжения возникают в нижней части лопасти

со стороны её острой кромки. Наименьший запас прочности также имеет нижняя часть лопасти со стороны острой кромки.

Значение запаса прочности в нижней части лопасти можно определить также и при выполнении аналитических расчетов.

Напряжение растяжения  $G_{\text{кc}}$  в нижнем сечении лопасти определяется по формуле (4):

$$G_{\text{кc}} = \rho \cdot \frac{1 + \mu_{\text{п}}}{\theta} \cdot u^2, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность титанового сплава ВТ6;

$u$  – окружная скорость колеса;

$\mu_{\text{п}}$  – отношение площадей верхнего и нижнего сечений профиля лопасти

$\theta$  – относительный диаметр, определенный по формуле (5):

$$\theta = \frac{d_{\text{ср}}}{l_{\text{л}}}, \quad (5)$$

где  $d_{\text{ср}}$  – расстояние от центра вращения колеса до среднего сечения лопасти;

$l_{\text{л}}$  – длина лопасти.

Коэффициент запаса прочности  $K_{\text{зап}}$  определяется по формуле (6):

$$K_{\text{зап}} = \frac{[G]}{G_{\text{кc}}}, \quad (6)$$

где  $[G]$  – предел текучести ВТ6 [1].

## Выводы

Учитывая полученные результаты аналитического расчета и анализа напряженного-деформированного состояния лопасти рабочего колеса турбодетандерного агрегата, выполненного в программе ANSYS Student 19.2, можно сделать вывод, что нижняя часть лопасти со стороны острой кромки является быстро изнашиваемым участком детали.

## Литература

1. Майский Р.А., Ситников А.В. Информационные технологии в нефтегазовой отрасли // В сборнике: Инновационные технологии в промышленности: образование, наука и производство. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 88-89.
2. Динамика и прочность турбомашин: учебник для вузов / А.Г. Костюк. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 476 с.: ил.
3. Турбодетандеры в системах промышленной подготовки природного газа / Язык А.В. М.: «Недра», 1977. – 173 с.
4. Ишалина А.Э., Майский Р.А. Оценка эффективности борьбы с гидратами на примере Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения // В сборнике: Современные технологии в нефтегазовом деле – 2018. Сборник трудов международной научно-технической конференции: в 2-х томах. 2018. С. 98-101.
5. Оборудование для добычи и подготовки газа и газоконденсата / А.А. Ишмурзин – Учебное пособие, Уфа: Издательство УГНТУ, 2008 – 282 с.

УДК 004.8

**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ПРОГНОЗЫ НА 2019 ГОД****ARTIFICIAL INTELLIGENCE – FORECASTS FOR 2019**

<sup>1</sup>Ненашева Е.А., <sup>2</sup>Ненашев С.С.,  
<sup>1</sup>ООО «Газпром трансгаз Уфа»,  
<sup>2</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

E.A. Nenasheva<sup>1</sup>, S.S. Nenashev<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>Gazprom transgaz Ufa, Ufa, Russian Federation  
<sup>2</sup>Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: itc-enenasheva@ufa-tr.gazprom.ru

**Аннотация.** Искусственный интеллект окружает нас и ежедневно проникает в нашу жизнь. Он стал неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, и с этим уже ничего не поделаешь. Мы с удовольствием летаем самолетами, которые управляются автопилотом, общаемся с голосовыми помощниками или слушаем музыку, предложенную сервисом, который работает по специальному алгоритму. Задумайтесь, а каким вы видите наше будущее с ИИ в 2019 году? ИИ есть в промышленности, интернет сервисах, компьютерных играх, обычной бытовой технике, в профессиональных областях, таких как 3d моделирование. Искусственный интеллект (сокр. ИИ, на англ. artificial intelligence, AI) – это использование компьютерных программ для имитации мыслей и действий человека путем анализа данных, решения, прогнозирования ситуаций, обучения или самообучения для адаптации к различным задачам. Также этим термином обозначают науку и технологию по созданию интеллектуальных машин. Скорее всего, вы подвергаетесь искусственному интеллекту каждый день. Просматриваете ли вы ваш канал в Facebook (FB), общаетесь с Siri от Apple (AAPL), разговариваете с Алисой – вы, так или иначе, взаимодействуете с искусственным интеллектом.

Примеры можно приводить снова и снова, но все-таки как ИИ используется сейчас?

**Abstract.** Artificial intelligence surrounds us and penetrates our lives every day. It has become an integral part of our daily lives and there is nothing we can do about it. We are happy to fly planes that are controlled by autopilot, communicate with voice assistants or listen to music offered by the service, which works on a special algorithm. Think about how you see our future with AI in 2019? AI is found in industry, Internet services, computer games, conventional household appliances, in professional fields such as 3d modeling. Artificial intelligence (socr. AI, ang. artificial intelligence, AI) is the use of computer programs to simulate human thoughts and actions by analyzing data, solving, predicting situations, learning or self-learning to adapt to different tasks. Also, this term refers to science and technology to create intelligent machines. Most likely, you are exposed to artificial intelligence every day. Whether you're browsing your Facebook (FB) channel, chatting with Apple's Siri (AAPL), talking to Alice –you're interacting with artificial intelligence in one way or another.

Examples can be given again and again, but still how is AI used now?

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, машинное обучение, польза, опасения, будущее, прогнозы.

**Keywords:** artificial intelligence, machine learning, advantage, fears, future, forecasts.

Искусственный интеллект стал причиной многих технологических прорывов за последние несколько лет – от DeepBlue до внедрений Tesla (TSLA). Технологическое развитие ИИ, похоже, станет будущим прогностической технологии.

Итак, что происходит с ИИ в 2019 году?

Исследователи предвидят будущее, в котором машинное обучение, искусственный интеллект и сама искусственная жизнь будут объединены в квантовом масштабе.

Fractal Analytics является одним из крупнейших провайдеров искусственного интеллекта в мире с такими клиентами, как Visa, Colgate Palmolive, Kimberly-Clark и другими.

Некоторые из ее главных экспертов по ИИ составили список прогнозов на 2019 год.

Энди Уолтерс – стратегический советник и член правления:

- Гонка вооружений ИИ-аналитики будет продолжаться, *так как предприятия должны стать стройными, гибкими и сосредоточиться на росте.*

- На медицинские компании будет оказываться большее давление, когда речь заходит о марже, новых запусках лекарств и правилах. Они будут использовать разрушительную технологию искусственного интеллекта, чтобы сделать прорывы для исследователей, врачей и пациентов.

- Предприятия будут в полной мере использовать облачные технологии и надеяться, что такие производители микросхем AI, как Nvidia, будут сотрудничать с поставщиками облачных и программных средств для создания масштабируемых механизмов искусственного интеллекта, которые стимулируют развитие инновационных бизнес-моделей.

Дуг Хиллари – стратегический советник и член правления:

- Предприятия будут расширять использование обработки естественного языка (NLP) и голосовой интеграции с внутренними данными, аналитикой и устаревшими системами CRM / ERP для создания более персонализированного и расширенного обслуживания клиентов для потребителей и сотрудников.

- Дополненная реальность объединится с машинным обучением, виртуальными помощниками и носимыми устройствами, чтобы упростить подключение, покупки, игры и выполнение заданий по дому.

- Инвестиции в роботизированную автоматизацию процессов (RPA) будут быстро ускоряться, что приведет к повышению производительности и эффективности в более широком диапазоне операций бэк-офиса и в более сложных сквозных задачах автоматизации (например, обработка заказов на поставку).

- Запуск 5G в 2018 году и развертывание «пограничных» устройств с поддержкой 5G, таких как смартфоны, точки доступа, шлюзы и устройства IoT, в 2019 году ускорит выполнение аналитики в гибридной или распределенной архитектуре.

- Замедление макроэкономического роста и нехватка талантов, наряду с повышенным вниманием к преимуществам цифровой трансформации на гиперконкурентных рынках, заставит ИТ-директоров полагаться на экосистему партнеров.

– Руководителям и специалистам по персоналу необходимо серьезно подойти к решению проблемы переподготовки или повышения квалификации существующей рабочей силы, чтобы приспособиться, работать и развиваться с помощью «цифрового труда».

Бхаскар Рой – клиент-партнер и руководитель отдела клиентской аналитики:

– Голосовая коммерция приобретает все большее значение. По мере того, как все больше сервисов / веб-сайтов интегрируются с голосовыми возможностями, такими как Siri, Alexa, Google Assistant и т. д., организациям придется пересмотреть свои стратегии SEO. Использование новых возможностей голосового бота / чат-бота должно привести к новым инициативам по улучшению качества обслуживания клиентов.

Дэвид Йео, клиент-партнер:

– ИИ начнет включаться в информационные панели показателей в ведущих компаниях, предлагая интерфейсы Natural Language Processing (NLP) и прогнозирующие идеи.

– Лана Кляйн – управляющий партнер, аналитика роста и трансформация AI (GAIT):

– Рост ИИ вызовет волну правовых, этических и законодательных действий, чтобы управлять тем, как человечество обращается с большими данными и технологиями.

– Появление AI Personal Security Agent – движки AI, которые будут играть роль, аналогичную антивирусному программному обеспечению, помогая нам управлять раскрытием персональных данных, защищая конфиденциальность и защищая нас от злоупотреблений данными. Подумайте об этом: Google знает ваши самые сокровенные мысли и страхи, Facebook знает всю вашу семью и круг общения, кто является вашим тайным увлечением, какие политические взгляды вы публично выражаете, а не то, что вы думаете, места, которые вы посещали и любили.

Алина Игнатюк – менеджер по взаимодействию и Александр Сычов – ведущий специалист по данным, GAIT:

– Демократизация ИИ: способность неспециалистов использовать и тиражировать технологии ИИ возрастет. Это станет возможным благодаря количеству образовательных программ, разработанных для нетехнических специалистов, приложений с удобными для пользователя интерфейсами для разработчиков ИИ, более высокой заработной плате и интереса к продуктам ИИ на рынке. Такая демократизация поможет увеличить воздействие технологий искусственного интеллекта и буквально донести их до каждого домохозяйства, а также позволит «массам / более широкому сообществу» воспользоваться этим и улучшить качество жизни.

– «Тот, кто владеет данными, владеет миром»: технологические гиганты будут использовать монопольное преимущество в отношении больших данных, которыми они владеют, и получать дополнительную прибыль, открывая понимание с помощью ИИ. В то же время все больше данных станет общедоступным, что приведет к росту общественных инициатив и улучшению общественных услуг.

– Разработка и распространение приложений и технологий искусственного интеллекта станет двусторонней улицей для людей: постоянно растут проблемы с конфиденциальностью личных данных, усиливаются вторжения в личную жизнь и усиливаются психологические манипуляции за счет использования более скрытых, психологических и поведенческих данных.

– ИИ станет важной движущей силой повышения производительности в традиционных отраслях: привнесение новых технологий и продуктов ИИ в сельское хозяйство, производство, здравоохранение и государственный сектор, и приведет к следующей технологической революции и повышению производительности.

– Увеличение количества образовательных программ и тренингов принесет на рынок больше «гражданских данных ученых», специалистов по визуализации данных, специалистов в разных областях (ИИ и здравоохранение, ИИ и страхование, ИИ и окружающая среда и т. д.).

Шаруль Рашид из PETRONAS:

– Нефтедобывающая промышленность не отстает от других сфер экономики по внедрению искусственного интеллекта на свои производства. Petronas пересматривает традиционные процессы, и если люди в них необходимы, пусть они остаются. Если работа не требует людей, мы их убираем. Это зависит от конкретного процесса.

«Главный тренд, за которым стоит следить в 2019 году, – внедрение ИИ-решений, которые помогут существующим командам», – говорит Ноа Хортон, CEO в Unsupervised.com. В качестве примера он рассматривает дата-инжиниринг и менеджмент; команды с ограниченными ресурсами всё чаще находят эти решения избыточными, поэтому здесь пригодится ИИ.

В действительности опытные IT-лидеры не хотят замены людей роботами, они хотят, чтобы ИИ помогал решать важные задачи, особенно когда не хватает людей.

## **Выводы**

Существуют тысячи компаний, утверждающие, что они создают Искусственный Интеллект. Но какой подход используется ими? Уверены, что глубокое обучение является самым перспективным подходом. Развитие рынка труда в области науки о данных приведет к большему разнообразию требуемых IT-специалистов. Внедрение искусственного интеллекта и робототехники, скорее всего, приведет к очередной промышленной революции. Промышленные революции глобально меняли рынок труда, модернизировали его, поэтому некоторые виды работ исчезли, но, с другой стороны, появились новые рабочие места. И наша задача – подготовиться к переменам. «Самые большие изменения в ИИ в 2019 году могут быть просто незаметными для нас», – считает доктор Тунг Буй, профессор и заведующий кафедрой информационных технологий в Колледже бизнеса им. Шидлера, Гавайский университет. Сам собой напрашивается вывод, что опытные IT-лидеры не хотят замены людей роботами, они хотят, чтобы ИИ помогал решать важные задачи, особенно там, где не хватает людей.

## **Литература**

1. Дайджест Хайтек: [Электронный ресурс] – <https://hightech.fm>
2. Блог по теме ИИ: [Электронный ресурс] – <https://clck.ru/FxtmN> (Artificial-Intelligence. Blog and Artificial Intelligence Consulting Ltd.)
3. Fractal Analytics: [Электронный ресурс] – <https://fractalanalytics.com>

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ

УДК 004:338(075.8)

### ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРУДОЕМКОСТИ БЕСПЛАТНЫХ ПРИЕМОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОСЕЩАЕМОСТИ САЙТА

### SIMULATION MODELING APPLICATION TO LABOR INTENSITY ANALYSIS OF UNPAID TECHNIQUES INCREASING THE WEBSITE TRAFFIC

Семочкина Е.В.,  
ФГБОУ ВО «НИУ «Московский энергетический университет»,  
г. Москва, Российская Федерация

E.V. Semochkina,  
National Research University “Moscow Power Engineering Institute”,  
Moscow, Russian Federation

e-mail: SemochkinaYV@mpei.ru

**Аннотация.** Приведены примеры проявления поисковой оптимизации, позволяющей в поисковой системе найти трендовый текст, размещенный на сайтах «Святые иконописцы» и «Жизнь во Христе». Обоснована трудоемкость применения 3-х бесплатных приемов увеличения посещаемости сайтов: размещения тематических статей, рассылки тематических подборок статей по фокус-группам, размещения объявлений о сайте на бесплатных досках объявлений. Построена имитационная модель бесплатной рекламной кампании в Интернете на основе вышеуказанных приемов в среде моделирования GPSS. Модель опробована на примере рекламной кампании для повышения посещаемости сайтов «Святые иконописцы» и «Жизнь во Христе». Проведение подобной бесплатной рекламной кампании возможно в любой организации. Предлагаемый анализ с применением имитационного моделирования в среде GPSS возможен в любой организации. В случае успешной рекламной кампании он позволяет получить данные для оптимизации рекламной кампании любой организации и обосновать дополнительное привлечение сотрудника на работу. Для построения аналогичной имитационной модели достаточно возможностей студенческой версии среды моделирования GPSS, которая распространяется бесплатно. У сотрудников отделов рекламы и маркетинга есть дополнительная возможность оптимизации рекламной кампании.

**Abstract.** There are the examples of search engine optimization results, when somebody quickly finds the trend text posted on the web-sites “Holy icon painters” and “Life in Christ”. Labor intensity of three unpaid techniques increasing the web-site traffic is argued. Unpaid advertising campaign in Internet includes in placing of trend articles to web-site page, direct mail sending of thematic articles for focus-groups and placing advertising texts on unpaid web-boards. Using of unpaid advertising campaign in Internet is perspective addition to any advertising campaign. Article’s author built the simulation model using GPSS modeling technique for analyzing labor intensity of the advertising campaign. This simulation

model results in data obtaining for advertizing campaign optimization. Unpaid student version of GPSS modeling technique is enough for analogical tasks. This approach to analyze such effective unpaid advertising campaign in Internet is possible in any organization. Colleagues from advertising and marketing Departments can use this instrument in their researches.

**Ключевые слова:** посещаемость, позиционирование, поисковые системы, фокус-группа, трудоемкость, имитационное моделирование, GPSS.

**Keywords:** traffic, positioning, search engine, focus group, labor intensity, simulation modeling, GPSS.

Позиционирование на лидирующих местах в Интернете сайта организации может быть достигнуто путем применения бесплатных приемов увеличения посещаемости. Перечень предлагаемых бесплатных приемов:

Прием 1. Обеспечение индексации страниц сайта роботами поисковых систем.

Прием 2. Тщательный подбор статей и рубрик сайта.

Прием 3. Регистрация в рейтинговых и тематических каталогах.

Прием 4. Рассылка тематических подборок статей по фокус-группам.

Прием 5. Размещение объявлений на бесплатных досках объявлений.

Особенности их применения были представлены в статье [1].

Благодаря поисковой оптимизации поиск паломниками информации о пребывании мощей святого Спиридона Тримифунтского в Москве через Интернет 22 сентября-14 октября привел к увеличению посещаемости страниц сайтов «Святые иконописцы» и «Жизнь во Христе» (рис.1, 2, 3 и 4).

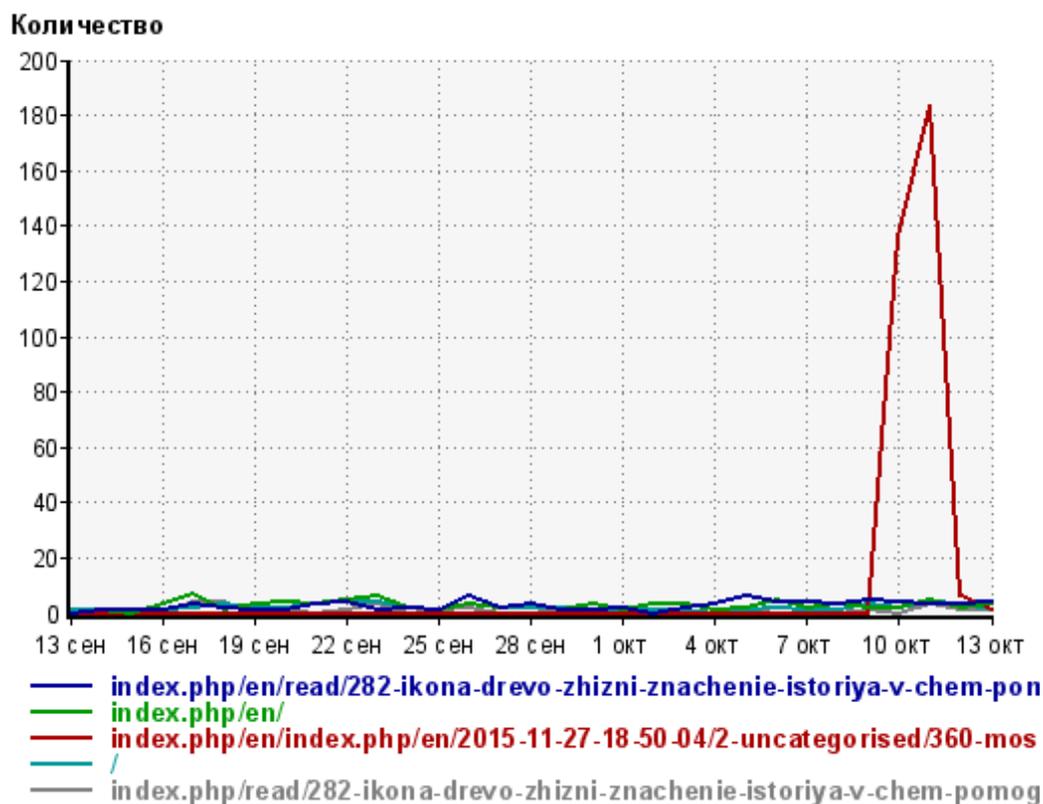


Рисунок 1. Увеличение посещаемости трендовой страницы сайта «Святые иконописцы» в конце пребывания мощей святого в Москве

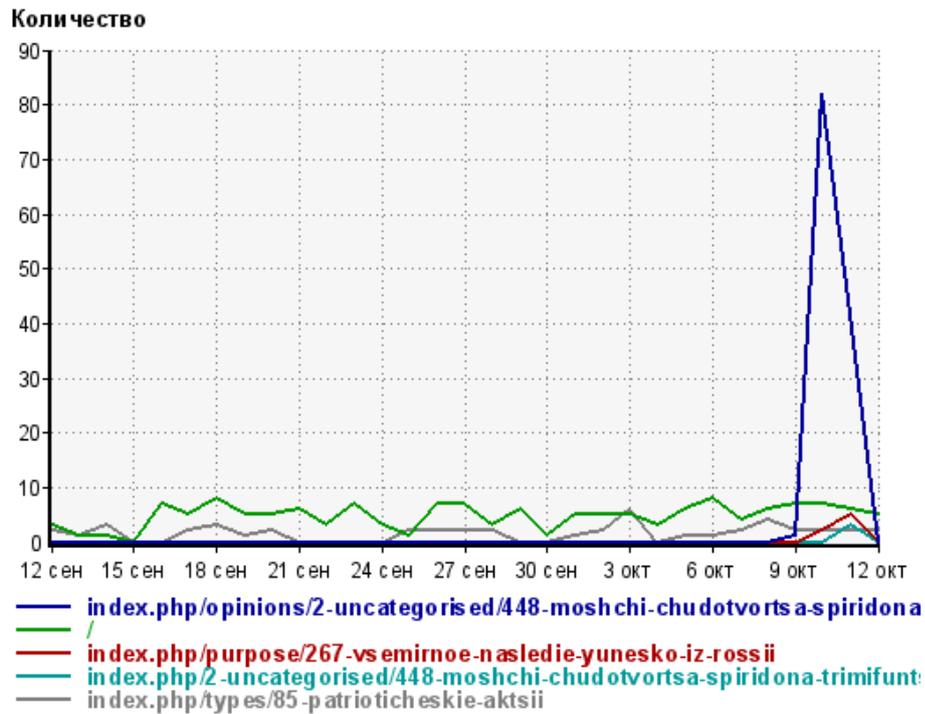


Рисунок 2. Увеличение посещаемости трендовой страницы сайта «Жизнь во Христе» в конце пребывания мощей святого в Москве

Рисунок 1 и рисунок 2 показывают резкое увеличение посещаемости страниц «Мощи Спиридона Тримифунтского в Москве» сайта «Святые иконописцы» и «Мощи чудотворца Спиридона Тримифунтского доставят в Россию из Греции» сайта «Жизнь во Христе» как результат особенно сильной популярности этой информации в конце пребывания мощей святого в Москве.

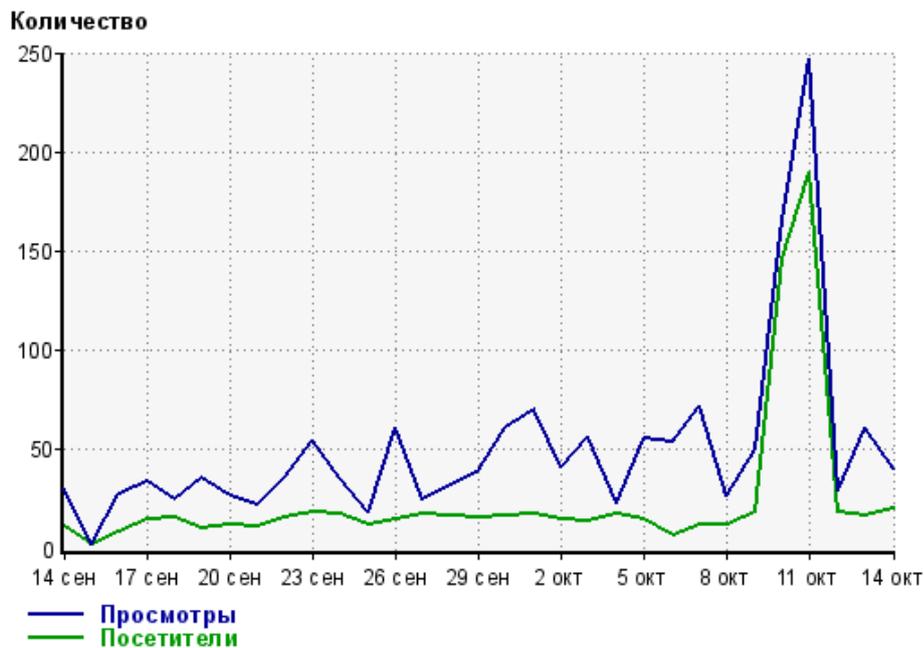


Рисунок 3. Преобладающая посещаемость сайта «Святые иконописцы» в конце пребывания мощей святого в Москве

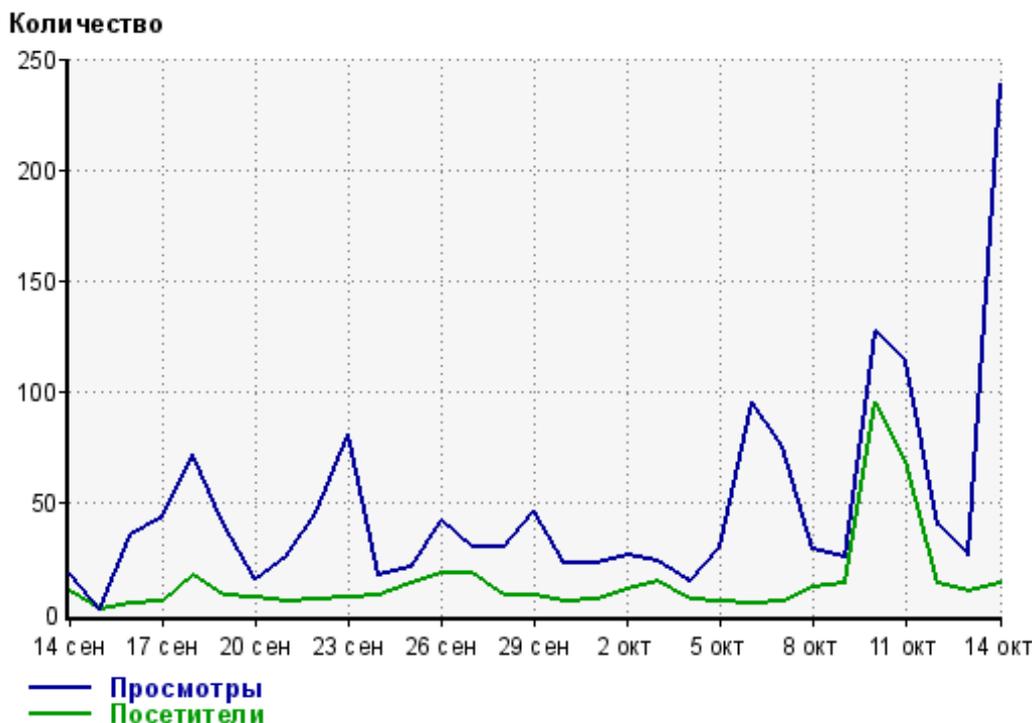


Рисунок 4. Преобладающая посещаемость сайта «Жизнь во Христе» в конце пребывания мощей святого в Москве

Рисунок 3 и рисунок 4 показывают рост числа просмотренных страниц сайтов «Святые иконописцы» и «Жизнь во Христе» в результате активного привлечения посетителей трендовыми материалами.

Заметки на сайтах «Святые иконописцы» и «Жизнь во Христе» отличались давностью размещения и полнотой наполнения. На сайте «Жизнь во Христе» заметка размещена раньше и страница включает переход на страницу сайта «Святые иконописцы» с более полной и актуальной информацией. Этим и объясняется больший поток посетителей на сайте «Святые иконописцы».

В целом итог применения бесплатных приемов 1-5 – позиционирование сайта на первой странице ответов (иногда на местах 1-5) поисковой системы на запрос, совпадающий с названием сайта или часто проводимым мероприятием, явлением, имеющим прямое отношение к ресурсу. Недостатком бесплатных приемов является инерционность и трудоемкость.

Насколько трудоемко их осуществление? Обеспечение индексации страниц сайта роботами поисковых систем осуществляется на стадии создания сайта и верстки его страниц. В это же время осуществляется тщательный подбор рубрик сайта и статей. Сайт и рубрики его создаются 1 раз, регистрацию в рейтинговых и тематических каталогах можно индексировать тоже один раз. Трудоемкость этих приемов может сильно меняться в зависимости от масштаба поставленных задач, она должна быть оценена разработчиками и администратором сайта.

Периодически повторяют 3 приема: размещение тематических статей, рассылка тематических подборок статей по фокус-группам и размещение объявлений о сайте на бесплатных досках объявлений. Их можно применять в течение всего срока службы сайта. Сколько требуется времени для такой рекламной кампании? На этот вопрос поможет ответить имитационная модель рекламной кампании, например, выполненная в среде моделирования GPSS [2]. GPSS замечательно моделирует работу служб

массового обслуживания, а рассылка по 600 адресам – это пример массового действия. Взята студенческая версия программного обеспечения, распространяемая бесплатно.

**Описание основных шагов бесплатной рекламной кампании в Интернете.**

Рассылка письма с актуальными ссылками по 600 адресам фокус-групп вручную: отправка письма каждые 3 минуты ± 1 минута (вставка текста, набор адреса и отправка).

Добавление на страницу с трендовой темой свежих текстов через 12 часов ±20 минут, в течение 5 дней.

Размещение объявления на 40 досках объявлений: заход в личный кабинет 2 минуты ± 1 минута, заполнение формы 10 минут ± 5 минут и модерация объявления 30 минут ± 5 минут.

Один раз в день (частота появления 470 ± 10 минут) предусмотрен обеденный перерыв 60 ± 5 минут.

Сумма технических перерывов – 15 ± 1 минута в день.

Время написания отчета о проведении рекламной кампании 320 ± 10 минут.

Принимаемые упрощения: бесперебойная работа сайтов, на которых размещаются статьи и объявления. Адреса электронной почты выбраны заранее из адресов профессионалов, занимающихся деятельностью в области тематики сайтов. Сначала идет рассылка писем, затем размещение трендовой информации, в конце – объявлений на бесплатных досках объявлений. Интересует время, требующееся на проведение очередной рекламной кампании.

На рис. 5 приведена принципиальная блок-схема модели бесплатной рекламной кампании, выполняемой сотрудником. На нем видно, как транзакт входит в первый блок и цикл многократно выполняет действие отправки письма, далее транзакт входит во второй блок и цикл многократно выполняет добавление новости на страницу, далее транзакт входит в третий блок и цикл многократно выполняет вывешивание объявления на доску объявлений. После третьего цикла транзакт входит в блок учета обеденных перерывов, затем - в блок учета технических перерывов, затем – в блок учета написания отчета о проделанной рекламной кампании.

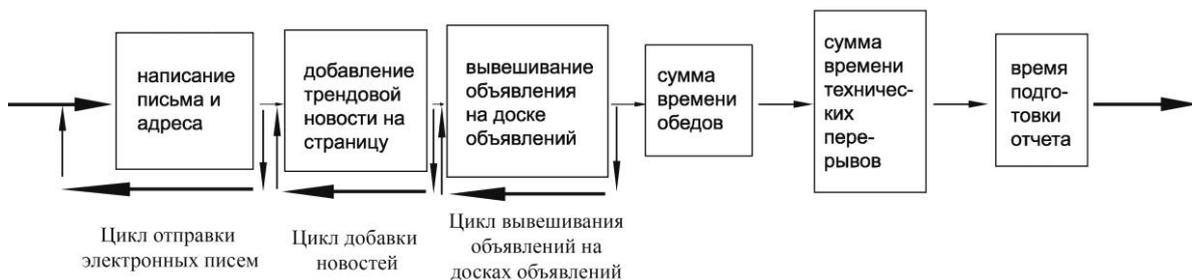


Рисунок 5. Принципиальная блок-схема описываемой модели

Ниже приводится программа, имитирующая действия описываемой рекламной кампании.

```
*****
* model of new employer actions for advertising company *
*****
Sets          STORAGE 650
Mets          STORAGE 650
Lets          STORAGE 650
Resttime     STORAGE 7
```

Reftime	STORAGE 1 GENERATE 5,1.5 SEIZE Facility2 ENTER Sets	;open a letter ;client cabinet
DALEE	ADVANCE 3,1 LEAVE Sets RELEASE Facility2 TERMINATE 1 LOOP Sets,DALEE GENERATE 300,2 SEIZE Facility3 ENTER Mets	;mail is written ;free the letter ;remove a transaction ;sending cycle ;find news ;open page
BALEE	ADVANCE 5,0.025 LEAVE Mets RELEASE Facility3 TERMINATE 1 LOOP Mets,BALEE GENERATE 72,20  SEIZE Facility4 ENTER Lets	;refresh trade page ;free the page ;remove a transaction ;sending cycle ;connect with unpaid Advertising board ;client cabinet
MALEE	ADVANCE 2,1 ADVANCE 5,1 ADVANCE 40,10 LEAVE Lets RELEASE Facility4 TERMINATE 1 LOOP Lets,MALEE GENERATE 470, 10  SEIZE Facility1 ENTER Resttime ADVANCE 60,5 ADVANCE 15,1 LEAVE Resttime RELEASE Facility1 TERMINATE 1 GENERATE 2570, 10 SEIZE Facility5 ENTER Reftime ADVANCE 320,10 LEAVE Reftime RELEASE Facility5 START 650	;introduce the text ;moderate the text ;free the cabinet ;remove a transaction ;sending cycle ;employee needs daily rest intervals ;dinner daily interval ;another rest interval sum ;employee writes the referat ;report time

Sets, Mets, Lets – накопители транзактов на разных этапах рекламной кампании (рассылке, добавлении трендовой новости, размещении на бесплатной доске объявлений). Resttime – накопитель транзактов при отправке сотрудника на перерыв технический или обеденный.

Операторы GENERATE имитируют открытие опции «Написать письмо», обнаружение новости или заход на бесплатную доску объявлений.

Операторы ADVANCE учитывают соответствующие длительности действий.

На каждой строке есть примечания на английском языке, поясняющие действие среды GPSS.

START 650 выбрано, поскольку 600 (число адресов в рассылке)+10 (число вставок новостей о трендовом событии на страницу)+40 (число бесплатных досок с объявлением).

Ниже приводится начало листинга моделирующей программы GPSS с ответом о времени рекламной кампании.

#### GPSS World Simulation Report – New advertising maker.12.1

Tuesday, October 16, 2018 21:09:31

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	2927.257	40	5	5

Время рекламной кампании – 2 927 минуты. 2 880 минут – 6 рабочих дней (6\*8\*60). 47 минут потребуется на 7 день для завершения рабочего отчета.

Полученные при анализе в среде моделирования данные можно использовать для оптимизации рекламной кампании организации.

Оплата работы одного сотрудника в течение 6 дней и 47 минут – вся стоимость описанной выше рекламной кампании в Интернете. Ее можно проводить 1 раз в месяц или чаще.

Оптимальный выбор оплаты труда работника позволит часть прибыли от эффективной рекламы направить на дальнейшее развитие организации.

#### **Выводы**

Применение имитационного моделирования для анализа трудоемкости позволяет получить данные, необходимые для коррекции рекламной кампании в Интернете и оценки особенностей организации труда нанимаемого сотрудника.

Для построения аналогичной имитационной модели достаточно возможностей бесплатной студенческой версии среды моделирования GPSS, что открывает дополнительные возможности менеджерам по рекламе и маркетингу.

#### **Литература**

1. Семочкина Е.В. Анализ увеличения посещаемости сайта при применении бесплатных приемов. – Сб. трудов VIII-ой Международной науч.-техн. конф. Т.3 – Смоленск, «Универсум», 2018. – с. 238-243.

2. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.: ил. (Серия «Проектирование»).

УДК 004.5

**АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ  
ТОПЛИВОЗАПРАВОЧНОГО КОМПЛЕКСА АЭРОПОРТА**

**THE ALGORITHMS OF THE AUTOMATED SYSTEM  
OF CONTROL OF THE BUSINESS PROCESS  
WITHIN THE UNIFIED REFUELING COMPLEX**

<sup>1</sup>Кунурбаева Ж.С., <sup>1</sup>Софиев А.Э., <sup>2</sup>Офицеров В.С.,  
<sup>1</sup>Московский политехнический университет,  
<sup>2</sup>АО «ПРИЗ»,  
г. Москва, Российская Федерация

Zh.S. Kunurbayeva<sup>1</sup>, A.E. Sofiyev<sup>1</sup>, V.S. Ofitserov<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>Moscow Polytechnic University  
<sup>2</sup>JSC PRIZ  
Moscow, Russian Federation

e-mail: zhanarakunurbaeva@gmail.com

**Аннотация.** В связи расширением международных и внутренних авиасообщений остается актуальным вопрос оптимизации процессов топливообеспечения объектов государственного уровня, таких как аэродромы, аэропорты. Эффективность работы персонала, а также отгрузочных операций являются одними из важных проблем, возникающих на таких объектах.

Алгоритмы, представленные в данной работе, разработаны для решения проблем рутинных операций, оптимизации процессов отгрузки авиатоплива. Данные алгоритмы применимы для разработки автоматизированной системы контроля отгрузочных операций, оперативного и коммерческого учета. В работе предлагается внедрение программно-технического комплекса предназначенного для контроля и управления движением топлива в системе топливозаправочного комплекса. Программно-технический комплекс позволит объединить автономные, локальные, вспомогательные системы в виде единой системы. Описанные алгоритмы позволяют разобраться не только в последовательности технологического процесса отгрузки авиатоплива, но и сопутствующем документообороте. В качестве основных поставленных задач выделены следующие:

- анализ процессов приемки, перекачки, хранения, выдачи авиатоплива как объекта управления;
- синтез существующих локальных систем управления процессами;
- разработка программно-технического комплекса учета авиатоплива, а также совершения отгрузочных операций.

Разработанный программно-технический комплекс обеспечивает регламентированный процесс проведения технологических процессов заправки воздушных судов (ВС) по средствам топливозаправщиков аэродромных (ТЗА) и диспенсеров, приема авиатоплива с ЖДЦ, хранения и выдачи авиатоплива в ТЗА.

В работе объясняется целесообразность внедрения программно-технического комплекса, представлена ее структурная схема. А также кратко дано описание применяемых терминов в бизнес-процессе, таких как «бизнес-объект», «бизнес-роль».

**Abstract.** In connection with the expansion of international and domestic flights, the issue of optimizing the processes of fuel supply to state-level facilities, such as airfields and airports, remains an urgent issue. The algorithms presented in this paper are designed to solve the problems of routine operations, optimizing the processes of jet fuel shipments. These algorithms are applicable for the development of an automated control system for shipping operations, operational and commercial accounting. The paper proposes the introduction of a software and hardware complex designed to monitor and control the movement of fuel in the fueling system. The software and hardware complex will allow to combine autonomous, local, auxiliary systems in the form of a unified system. The described algorithms make it possible to understand not only the sequence of the technological process of shipment of jet fuel, but also the accompanying workflow.

The main tasks are the following:

- analysis of the processes of acceptance, pumping, storage, delivery of jet fuel as a control object;
- synthesis of existing local process control systems;
- development of a program-technical complex for the registration of aviation fuel, as well as the performance of shipping operations.

The developed software and hardware complex provides a regulated process for carrying out technological processes for aircraft refueling by means of airfield tankers and dispensers, receiving jet fuel from railway tanks, storing and delivering jet fuel to the tanker.

The paper explains the feasibility of implementing the software and hardware complex, presents its structural scheme. And also a brief description of the terms used in the business process, such as “business object”, “business role”.

**Ключевые слова:** алгоритмы, авиатопливо, оперативный учет, коммерческий учет, бизнес-процесс, программно-технический комплекс.

**Keywords:** algorithms, jet fuel, operational accounting, commercial accounting, business process, software and hardware complex.

Современный топливозаправочный комплекс представляет собой единый комплекс, включающий в себя:

1. Базовый склад горюче-смазочных материалов
2. Оперативно-заправочный комплекс (ОЗК)
3. Систему централизованной заправки (ЦЗС) топливом воздушных судов на перронах аэропорта
4. Магистральный трубопровод, соединяющий Базовый склад ГСМ, ОЗК и систему ЦЗС.

Комплексная автоматизация складского (оперативного) и коммерческого учета представляет собой совокупность различных важных операций. Во-первых, это довольно мощный инструмент всестороннего учета товарных и финансовых операций, анализа динамики товарооборота, планирования поставок и расходов, оптимизации потерь и ценовой политики, автоматизации рутинных действий по заполнению документов. Во-вторых, ведение многоуровневого и многомерного аналитического учета ГСМ, а в-третьих, формирование отчетности за любой период в реальном режиме времени и т.д. [1, С. 9-10].

При проектировании процессов строится имитационная модель текущего состояния. Информационно-технологические инструменты применяются только после того, как оптимизированы входящие в процесс мероприятия.

Как только мероприятия, входящие в данный процесс, оптимизированы, в ход пускаются наилучшие наработки в области информационных технологий и компьютеризации для поддержки оптимального процесса. Все это действительно делает информационные технологии скорее инструментом, чем движущей силой процесса [2, С. 17].

Топливозаправочный комплекс на сегодняшний момент представляет собой совокупность распределенных, независимых, автономных систем для принятия, хранения, перекачки, выдачи авиатоплива. Сопроводительная документация каждого процесса, копируется, корректируется, переписывается вручную в отдельные формы, ответственными за каждый процесс работниками.

Все основные этапы процесса перекачки, хранения и выдачи авиатоплива разделены на процедуры (рисунок 1), для обобщенного названия совокупности процедур введем понятие «бизнес-процесса». Схема, представленная на рисунке 1, не является строго последовательной, а имеет параллельную структуру, что говорит о том, что несколько процедур могут проходить одновременно, а сам бизнес-процесс является непрерывным.

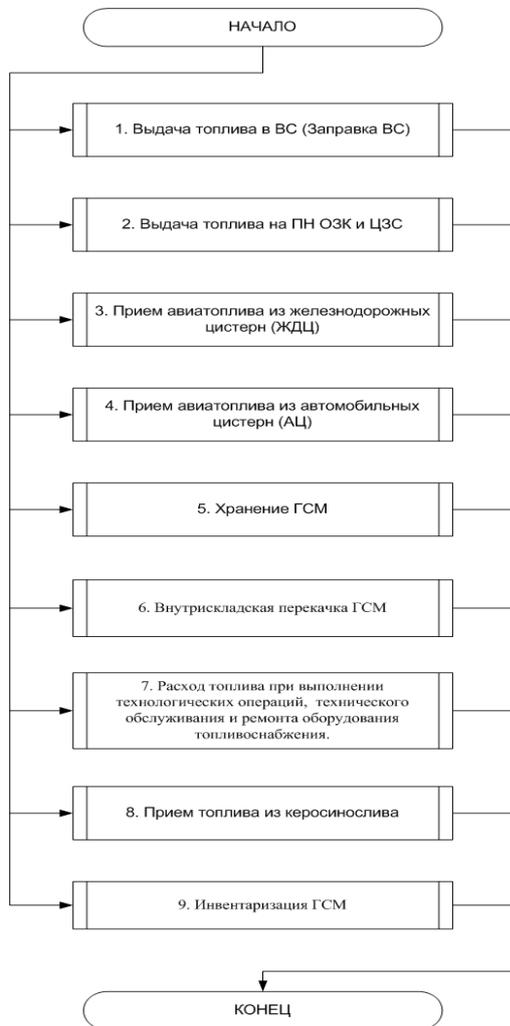


Рисунок 1. Бизнес-процесс

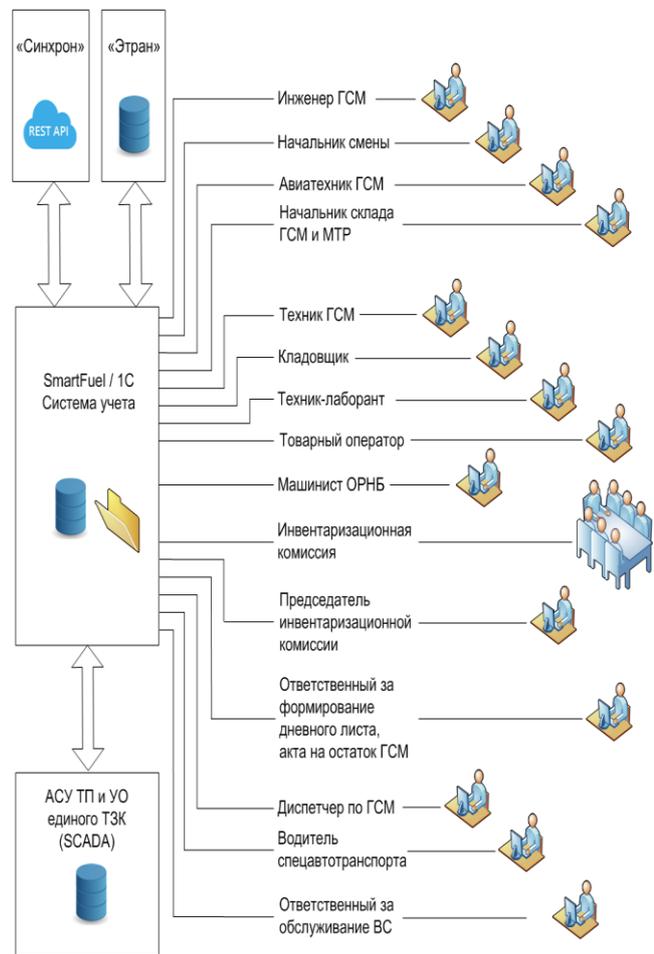


Рисунок 2. Бизнес-роли

Участники, они же работники, ответственные за протекающий процесс, именуется «бизнес-ролями». Сопроводительная необходимая документация вновь

сформированная, или же, полученная из других автономных систем, в данной работе называются «бизнес-объектами» (рисунок 2).

С учетом текущего состояния оформления процесса перекачки авиатоплива, предлагается внедрить программно-технический комплекс учета авиатоплива, который впоследствии приведет к уменьшению трудозатрат, устранению рутинных операций, повышению качества учета и точности измерений.

Итак, сформулируем основные цели создания ПТК. Целью создания ПТК является:

- обеспечение быстроты и безошибочности действий персонала за счёт предоставления ему достоверной и своевременной информации о режимах работы и состоянии основного и вспомогательного оборудования;
- учёт принятого и отпущенного авиатоплива;
- ведение баланса ГСМ в резервуарных парках ТЗК;
- уменьшение затрат на эксплуатацию объекта за счёт оптимизации технологического процесса, позволяющего сократить использование человеческих и энергетических ресурсов.

ПТК предназначен для обеспечения технологических процессов заправки воздушных судов (ВС) посредством топливозаправщиков аэродромных (ТЗА) и диспенсеров, приема авиатоплива с ЖДЦ, хранения и выдачи авиатоплива в ТЗА.

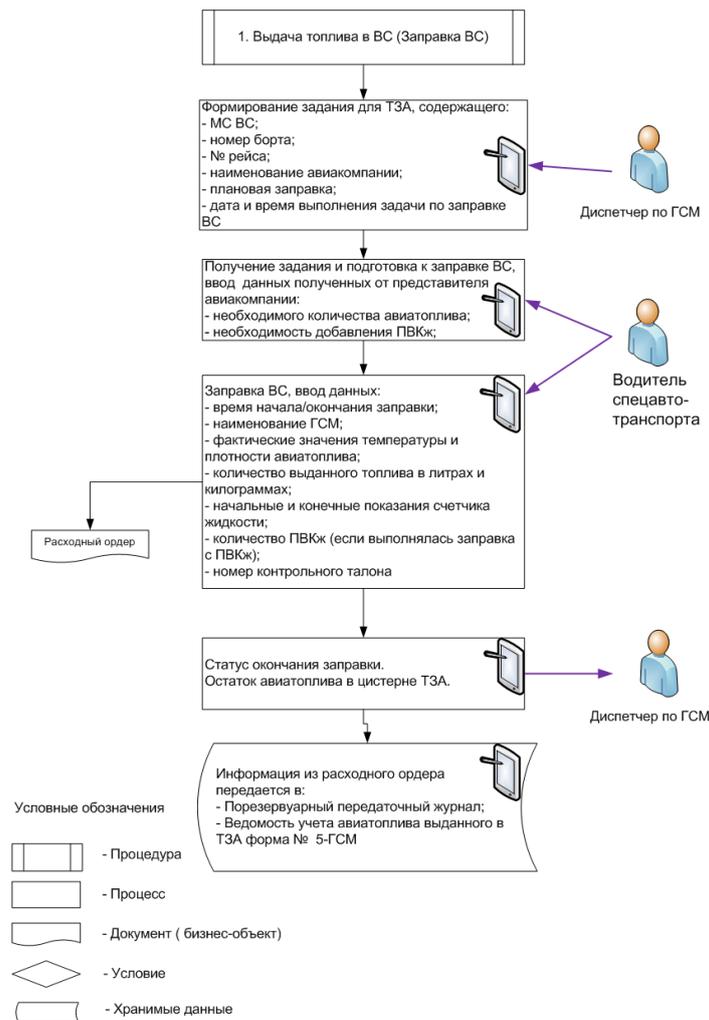


Рисунок 3. Заправка ВС



На рисунке 3 представлен алгоритм заправки воздушного судна. Знаком отмечены операции ввода информации. В настоящее время ввод информации производится вручную и постоянно копируется путем переписывания в сопроводительную документацию.

После тщательной проработки алгоритмов, анализа взаимодействия локальных системы и внедрения на их основе программно-технического комплекса «SMARTFUEL», информация будет выгружаться из базы данных и дополняться с помощью портативных планшетов, которые будут на руках у ответственного за процесс работника.

Внедрение программно-технического комплекса производится на основе беспроводных средств связи, аппаратно-программной базы, унификации и агрегатирования средств измерения и обработки результатов. Структура программно-технического комплекса представляет собой трехуровневую систему: на первом уровне находится оборудование, устанавливаемое на топливозаправщики, диспенсеры, а так же на складе. Второй уровень представляет собой уровень сбора, обработки и передачи информации, поступающей от полевого оборудования, а так же прием заявок на заправку воздушных судов.

Третий уровень представляет собой уровень оперативного мониторинга, управления и анализа над топливозаправкой. Схема программно-технического комплекса представлена на рисунке 4.

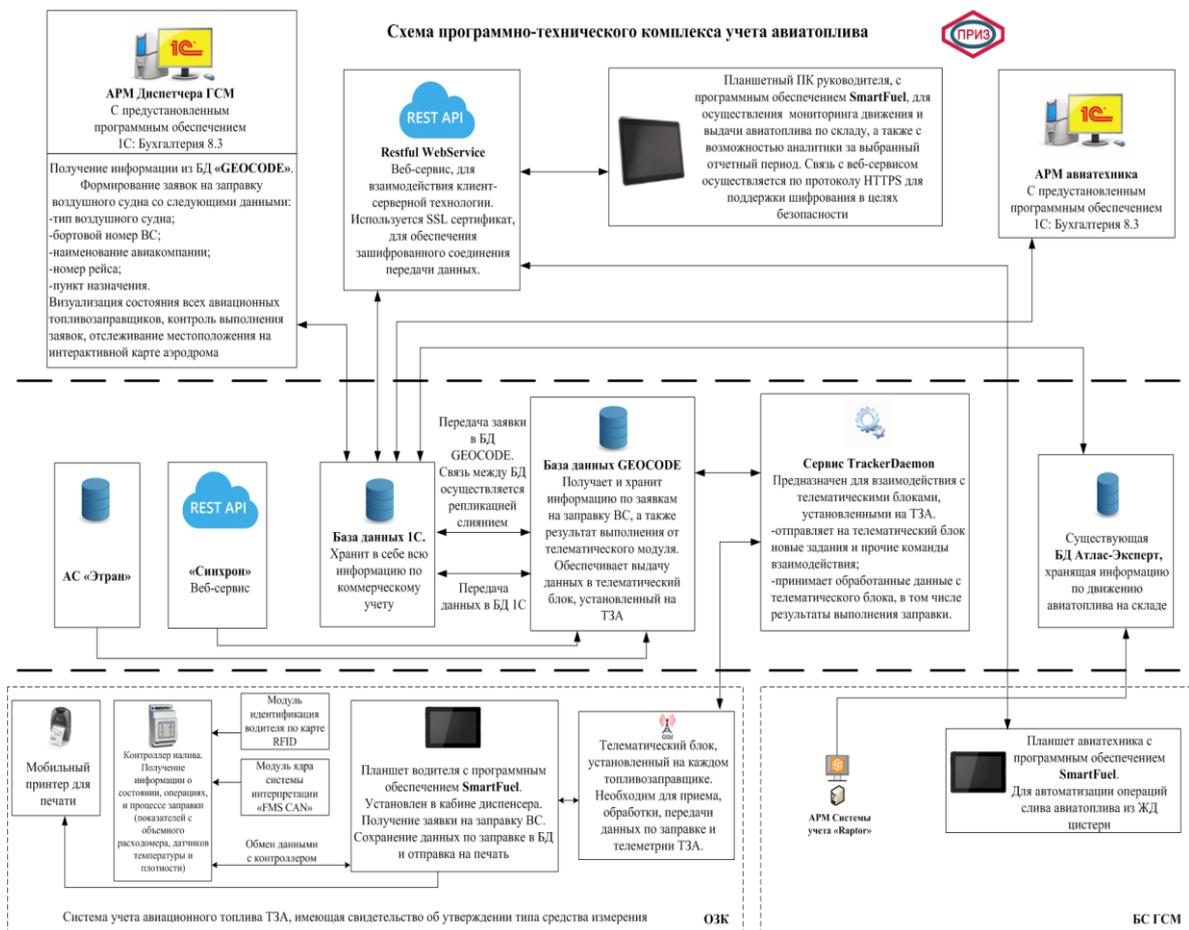


Рисунок 4. Схема программно-технического комплекса

## Выводы

Программно-технический комплекс путем интеграции с другими системами даст возможность получать полную информацию об основной деятельности ТЗК и объединит разрозненные автоматизированные рабочие места, тем самым повысится управляемость предприятия и оптимизируется производительность рабочего персонала.

Такая организация взаимодействия подсистем, позволяет устранить рутинную операцию ввода, переписывания и заполнения сопроводительной документации, формируя ее автоматически. Кроме этого, планшеты с программным обеспечением будут всегда под рукой и будут служить портативным автоматизированным рабочим местом.

## Литература

1. Лукьянов Ю.А., Козлов А.Н. Управление процессами в топливозаправочных комплексах: учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 2016. – 80 с.
2. Джеймс Харрингтон, К.С. Эсселинг, Харм Ван Нимвеген. Оптимизация бизнес-процессов: документирование, анализ, управление. Санкт-Петербург: Азбука БМикро, 2002. – 380 с.

УДК 004

### ЗАДАЧА НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ПРИ ПРИНЯТИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО РЕШЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИСКРЕТНОГО МАРКОВСКОГО ПРОЦЕССА

### THE PROBLEM OF FINDING AN OPTIMAL STRATEGY FOR INVESTMENT DECISION MAKING THROUGH A DISCRETE MARKOV PROCESS

Бобровская И.С., Николаева М.А.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,  
г. Уфа, Российская Федерация

I.S. Bobrovskaya, M.A. Nikolaeva,  
FSBEI HE “Ufa state aviation technical university”, Ufa, Russian Federation

e-mail: rina19.95@mail.ru

**Аннотация.** Принятие решения на фондовом рынке может быть осуществлено, в частности, с помощью торговых роботов-программ, которые позволяют автоматизировать процесс трейдинга. Математическое обеспечение торговых роботов использует показатели различных индексов и на основе полученных данных дает сигналы к покупке или продаже. При принятии инвестиционного решения с помощью торговых роботов очень важно не ошибиться с выбранной стратегией. Для получения лучшего результата возможно использование математических моделей.

В статье были рассмотрены торговые роботы, которые считаются лучшими по версии международной академии инвестиций и трейдинга FXClub Academy с точки

зрения их математического обеспечения. Проведен обзор трех технических индикаторов: RSI, Bollinger Bands и Alligator. Данные индикаторы в дальнейшем были выбраны в качестве торговых стратегий для решения поставленной задачи. В качестве способа решения задачи нахождения оптимальной стратегии был выбран рекуррентный метод – дискретный Марковский процесс. С помощью данного метода, трех индикаторов и акций десяти наиболее популярных российских компаний, которые использовались в качестве торгуемых инструментов, была определена оптимальная стратегия для принятия инвестиционного решения.

**Abstract.** Decision making in the stock market can be carried out, in particular, with the help of trading robots - programs that allow to automate the trading process. Mathematical software for trading robots uses indicators of various indices and, based on the data obtained, gives signals to buy or sell. When making an investment decision with the help of trading robots, it is very important not to be mistaken with the chosen strategy. For best results, possible to use mathematical models.

The article describes the trading robots that are considered the best by the version of the international investment and trading academy FXClub Academy in terms of their software. A review of three technical indicators: RSI, Bollinger Bands and Alligator. These indicators were subsequently selected as trading strategies for solving the problem. As a method for solving the problem of finding an optimal strategy, a recurrent method was chosen – a discrete Markov process. Using this method, three indicators and stocks of the ten most popular Russian companies that were used as trading instruments, the optimal strategy for making an investment decision was determined.

**Ключевые слова:** торговый робот, индикатор, дискретный Марковский процесс, оптимальная стратегия, принятие решения.

**Keywords:** trading robot, indicator, discrete Markov process, optimal strategy, decision making.

### **1. Математическое обеспечение торговых роботов**

Характерной особенностью всех торговых роботов является разнообразное математическое обеспечение. Одни системы основываются на использовании индикатора или комбинации индикаторов, другие – на использовании свечей или других инструментов технического анализа. Например, в рейтинге FXClub Academy рассматриваются системы, которые используют индикатор RSI (FREE RSI EA и LossLess Neuron), индикатор Stochastic (Safe Robot), уровни Фибоначчи (Fibonacci EA), а также свечные паттерны (PA Patterns Robot). Однако существует и множество других торговых роботов, в основе которых лежат различные индикаторы и свечи, в том числе и вышеперечисленные. Так, система CATCHER основывается на свечном анализе, Volatility Breakout использует полосы Боллинджера, ADX Trader – индикатор ADX, ZZ Fibotrader – индикатор ZigZag, CCI AND INCREASE VOL – индикатор CCI, Relative Strength Index Trader – индикатор RSI.

### **2. Индикаторы как инструмент для формирования торговых стратегий**

Индикаторы – один из главных инструментов технического анализа. Сигналы, получаемые от индикаторов, помогают принять решение относительно того, какую сделку необходимо совершить. Суть их заключается в математическом преобразовании цены и/или объемов финансового инструмента для прогнозирования будущих

изменений цен. При этом появляется возможность выявить различные особенности и закономерности в динамике цен, которые не видны невооруженным глазом [1].

Рассмотрим 3 технических индикатора: Relative Strength Index (RSI), Bollinger Bands и Alligator.

### 1) RSI

RSI является численным выражением темпов изменений цены закрытия. RSI измеряет силу рынка, вычислив изменения его конечных цен.

Модель индикатора выглядит следующим образом:

$$RSI = 100 - \left( \frac{100}{1 + \frac{U}{D}} \right),$$

где  $U$  – среднее значение цен, закрывшихся выше предыдущих за  $n$ -дней;

$D$  – среднее значение цен, закрывшихся ниже предыдущих за  $n$ -дней;

$N$  – период расчёта осциллятора.

Автор индикатора описывает пять способов применения RSI для анализа:

- Вершины и основания – вершины RSI формируются выше 70, а основания ниже 30, причём они обычно опережают образование вершин и оснований на ценовом графике.

- Графические модели – RSI часто образует графические модели, такие как «голова и плечи» или «треугольники», которые на ценовом графике могут и не обозначиться.

- Неудавшийся размах (прорыв уровня поддержки или сопротивления) – имеет место, когда RSI поднимается выше предыдущего максимума (пика) или опускается ниже предыдущего минимума (впадины).

- Уровни поддержки и сопротивления – на графике RSI они иногда проступают даже отчётливее, чем на ценовом.

- Расхождения – они образуются, когда цена достигает нового максимума (минимума), но он не подтверждается новым максимумом (минимумом) на графике RSI. При этом происходит коррекция цен в направлении движения RSI [2, С. 15-16].

### 2) Bollinger Bands

Этот трендовый индикатор предназначен для определения расположения цены относительно ее стандартного торгового диапазона.

Полосы Боллинджера формируются из трех линий.

Средняя линия – это простое скользящее среднее.

$$\text{Средняя линия SMA} = \frac{\sum_{i=1}^n C_t}{n},$$

где  $C_t$  – цена закрытия,

$n$  – период расчёта.

Верхняя (нижняя) линия – это та же средняя линия, смещенная вверх (вниз) на определенное число стандартных отклонений. Поскольку величина стандартного отклонения зависит от волатильности, полосы сами регулируют свою ширину: она увеличивается, когда рынок неустойчив, и уменьшается в более стабильные периоды.

Верхняя линия (нижняя линия):

$$\hat{A} = SMA \pm D * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - SMA)^2}{n}},$$

где D-число стандартных отклонений.

Сигналы индикатора Bollinger Bands:

– Резкие изменения цен обычно происходят после сужения полосы, соответствующего снижению волатильности. Часто это является сигналом скорой смены тенденции.

– Если цены выходят за пределы полосы, то это сигнал к совершению сделок. Так выход за пределы верхней полосы является сигналом на продажу, а выход за пределы нижней – на покупку [2, С. 12-13].

### 3) Alligator

Индикатор используется для поиска моментов перехода тренда к стабильному движению и, наоборот, сигнализирует об его прекращении.

График индикатора строится на основе трех сглаженных скользящих средних (SMMA) с разными периодами и сдвигом на графике. Во всех кривых используется средняя цена.

$$\text{Средняя цена: } S = \frac{H_n + L_n}{2},$$

где  $H_n$  – максимальная цена за период  $n$ ,

$L_n$  – минимальная цена за период  $n$ .

Сглаженное скользящее среднее:  
SMMA<sub>i-t</sub> (S, n),

где  $n$  – период расчета,

$t$  – сдвиг.

Различают четыре основных фазы индикатора:

- Аллигатор «просыпается». В этом случае «Губы» или «Зубы» начинают подниматься/опускаться относительно «Челюсти» после периода спада. Сигнализирует о наступлении начальной фазы тренда.

- Аллигатор «питается». На этой стадии «Зубы» пытаются преодолеть зеленую линию. Означает, что мини-тренд уже установился и близится к пику.

- Аллигатор «сыт». «Зубы» начинают опускаться до нижнего диапазона, что свидетельствует о достижении предела тренда.

- Аллигатор «спит». Кривые собраны вместе и движутся равномерно относительно друг друга. Подобное положение говорит о том, что нынешний тренд исчерпан и настала пора задуматься о дальнейшей стратегии. [3]

### 3. Дискретный Марковский процесс. Рекуррентный метод

Данный метод используется для нахождения оптимальных стратегий на каждом этапе процесса для каждого состояния системы. При этом известны состояния системы, стратегии, количество этапов процесса, вероятности переходов от одного состояния к другому и переходные доходности.

Алгоритм решения заключается в следующем:

1) Вычислим ожидаемую доходность за один переход при выходе из  $i$ -го состояния и при выборе стратегии  $k$ :

$$q_i^k = \sum_{j=1}^N p_{ij}^k r_{ij}^k, i, j=1, \dots, N,$$

где  $i, j$  – состояния,  $N$  – число состояний,

$p_{ij}^k$  – вероятность перехода от одного состояния к другому,  $r_{ij}^k$  – доходность.

2) Для каждого состояния  $i$  найдем полную ожидаемую доходность за  $n$  этапов моделирования при выборе оптимальной стратегии:

$$v_i(n+1) = \max_k \left[ q_i^k + \sum_{j=1}^N p_{ij}^k v_j(n) \right], n = 0, 1, 2, \dots$$

Зададим граничные доходы процесса:  $v_j(0) = 0$ .

3) Найдем решение:  $d_i(n)$  – номера оптимальных стратегий на каждом этапе процесса ( $n=1, 2, 3 \dots$ ), для каждого  $i$ -того состояний системы:

$$d_i(n) = \max v_i(n+1) \text{ [4, С. 36].}$$

#### 4. Решение задачи с помощью рекуррентного метода.

Пусть в задаче поиска оптимальной стратегии при принятии инвестиционного решения выделены 3 состояния, которые характеризуют инвестиционный риск:

1) А – уровень значимости риска «отсутствует»:  $S - S_0 \geq 0$ , где  $S$  – состояние кошелька после совершения сделок,  $S_0$  – депозит.

2) В – уровень значимости риска «незначительный»:  $-0,001 * S_0 \leq S - S_0 < 0$

3) С – уровень значимости риска «существенный»:  $S - S_0 < -0,001 * S_0$

В качестве стратегий рассматриваются способы принятия решений на основе сигналов следующих индикаторов:

1) X – индикатор RSI;

2) Y – индикатор Bollinger Bands;

3) Z – индикатор Alligator.

Доходности и вероятности перехода из состояния в состояние (Таблица 1 и Таблица 2 соответственно) определены на основании статистики, полученной при тестировании вышеописанных индикаторов. В качестве торгуемых инструментов использовались акции российских компаний с интервалом моделирования в 1 месяц:

1) ОАО Лукойл,

2) ОАО Газпром,

3) ОАО Сбербанк России,

4) ОАО Магнит,

5) ОАО Роснефть,

6) ОАО Моб. ТелеСистемы,

- 7) ОАО Сургутнефтегаз,
- 8) ОАО Банк ВТБ,
- 9) ОАО Башнефть,
- 10) ОАО Аэрофлот.

Таблица 1 – Матрицы доходностей.

X	A	B	C	Y	A	B	C	Z	A	B	C
A	0,22	-0,31	-1,58	A	0,41	-0,35	-1,03	A	0,14	-0,05	-1,45
B	0,05	-0,2	0	B	0,45	-0,5	-1,54	B	0,12	-0,13	0
C	0,31	-0,37	-1,24	C	0,2	0,3	0	C	0,07	-0,31	0

Таблица 2 – Матрицы переходных вероятностей.

X	A	B	C	Y	A	B	C	Z	A	B	C
A	0,4	0,5	0,1	A	0,6	0,2	0,2	A	0,7	0,2	0,1
B	0,3	0,7	0	B	0,1	0,7	0,2	B	0,7	0,3	0
C	0,2	0,7	0,1	C	0,6	0,4	0	C	0,9	0,1	0

Далее по вышеописанному алгоритму были произведены вычисления для трех этапов моделирования. В итоге получились следующие результаты:

1) Если состояние инвестора оценивается как состояние, в котором инвестиционный риск «отсутствует», то рекомендуется придерживаться стратегии Y. Эта стратегия принесет доход в размере 0,03.

2) Если состояние инвестора оценивается как состояние, в котором инвестиционный риск «незначительный», то рекомендуется придерживаться стратегии Z. Эта стратегия принесет доход в размере 0,07.

3) Если состояние инвестора оценивается как состояние, в котором инвестиционный риск «существенный», то рекомендуется придерживаться стратегии Y. Эта стратегия принесет доход в размере 0,26.

## Выводы

В ходе решения задачи поиска оптимальной стратегии при принятии инвестиционного решения была выбрана наиболее эффективная стратегия для каждого состояния системы.

## Литература

1. Компания MetaQuotes Software Corp URL: <https://is.gd/nBRgQQ>.
2. Николаева М.А. Описание индикаторов для лабораторной работы: учебное пособие. УГАТУ – Уфа.
3. Портал о мировых финансовых рынках Equity URL: <https://equity.today>.
4. Агадуллина А.И., Зотова О.Ф., Николаева М.А. Методы и алгоритмы принятия решений в примерах и задачах (Издание второе, дополненное): учебное пособие; УГАТУ – Уфа, 2017.

УДК 004:378.02.37

**МИКРООБУЧЕНИЕ: СПОСОБ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ  
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ****MICRO-EDUCATION: METHOD OF DEVELOPMENT  
OF THE EDUCATION SYSTEM IN MODERN CONDITIONS**

Матвеева К.Ю.,  
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный экономический университет  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

K.Yu. Matveeva,  
FGBOU VPO St. Petersburg State University of Economics  
St. Petersburg, Russian Federation

e-mail: hr-kristina@bk.ru

**Аннотация.** В наши дни, окружающий нас мир постоянно меняется. Соответственно меняется сама жизнь, образ жизни, как следствие – методы обучения. Поколение нулевых выросло с телефонами в руках: получение информации здесь и сейчас со скоростью света – так привыкло жить современное поколение. Традиционное обучение остается в прошлом, такой вывод можно сделать, смотря, в том числе и на образовательный процесс в учебных учреждениях. Дистанционное обучение в наши дни становится все более популярным и востребованным. Микрообучение – это будущее в обучении персонала. Цифровые средства коммуникации в профессиональной деятельности – это то, что необходимо компаниям, стремящимся соответствовать реалиям сегодняшнего дня. Новые технологии и методики можно успешно применять в микрообучении. Внешняя среда заставляет менеджеров постоянно менять подход к своему делу, рутинные процессы остались в прошлом, уступив место digital-операциям. Микрообучение – это отличная альтернатива наскучившим семинарам, когда десятки сотрудников часами вынуждены слушать тренера. Конечно, невозможно обучить сотрудников только при помощи микрообучения, но многие направления все-таки отлично для этого подходят. Например, в сфере продаж. Истинным желанием работников является обучение в удобное время и небольшими частями, ведь в данном случае они будут контролировать то, как и когда они учатся. При использовании микрообучения работодатель остается в выигрыше – это может обеспечить большую эффективность за меньшие деньги.

**Abstract.** Nowadays, the world around us is constantly changing. Life itself, the way of life, and, consequently, the methods of training, change accordingly. The generation of zero has grown with the phones in hand: getting information here and now at the speed of light – this is how the modern generation used to live. Traditional learning remains in the past, such a conclusion can be made, depending on the educational process in educational institutions. Distance learning today is becoming increasingly popular and in demand. Micro-education is the future of staff training. Digital means of communication in professional activities - this is what companies need to meet the realities of today. New technologies and techniques can be successfully applied in micro-learning. The external environment makes managers constantly change their approach to their work, routine processes are a thing of the past, giving way to digital-operations. Micro-education is an excellent alternative to bored

seminars, when dozens of employees are forced to listen to a coach for hours. Of course, it is impossible to train employees only with the help of micro-education, but many areas are still excellent for this. For example, in the field of sales. The true desire of employees is to study at convenient times and in small parts, because in this case they will control how and when they learn. When using micro-training, the employer benefits – it can provide greater efficiency for less money.

**Ключевые слова:** персонал организации, инновационные технологии, обучение, адаптация, микрообучение, онлайн-обучение.

**Keywords:** organization staff, innovative technologies, training, adaptation, micro-learning, online training.

Обучение – это обязательное условия жизни каждого человека. Всю свою жизнь мы учимся: в младенчестве познаем мир, приобретаем жизненно необходимые навыки – способность говорить, ходить, самостоятельно держать в руках ложку, далее поступаем в ясли, школу, колледж, университет. Не заканчивается обучение и во взрослой самостоятельной жизни – чтобы поддерживать уровень квалифицированного специалиста и быть востребованным на рынке труда, необходимо регулярно посещать курсы повышения квалификации, тренинги и конференции. Для менеджеров высшего звена обязательными являются все вышесказанное, а также дополнительно мастер-классы по ораторскому искусству, клиентоориентированности, сервису и тайм-менеджменту.

Процесс обучения зависит от каждого из нас. Все мы одинаковы, пока учимся в школе, но выходя за ее стены – устраиваем жизнь самостоятельно, выбирая свой собственный путь.

Сегодня, обучаясь на 2 курсе института магистратуры СПбГЭУ по направлению «Инновационные персонал-технологии в управлении карьерой», я продолжаю активно изучать особенности работы с персоналом, современные подходы в обучении и развитии персонала. Совмещая учебу и работу в отделе персонала, мне удастся использовать полученные теоретические знания и советы преподавателей на практике.

Тема моего научного исследования для написания выпускной квалификационной работы (ВКР) связана с обучением персонала с целью закрепления и сокращения текучести персонала. При изучении научной литературы и результатов последних исследований, выяснилось, что именно на этапе обучения у новых сотрудников либо появляется желание влиться в коллектив, либо же развивается демотивация.

Изучая тему обучения персонала, я решила провести опрос сотрудников на моем текущем месте работы. В опросе приняло участие 100 сотрудников (менеджеры по продажам, логисты и операторы).

Моя главная цель – узнать, насколько существующая система обучения их устраивает. На данный момент для новых сотрудников первая неделя работы в компании является учебной, на которой проходят групповые обучения по товару, тренинги по продажам и инструктажи по охране труда.

Полученные результаты (данные опроса 2019 года):

– 68% сотрудников сказали, что им выделяется недостаточно времени на обучение;

– 58% работников ответили, что им было бы комфортнее обучаться самостоятельно, а не в группе людей;

– 49% сотрудников предпочитают проходить обучение постепенно в процессе работы.

– в среднем 30 минут в неделю готовы тратить сотрудники на обучение, так как они загружены работой.

В целом, результаты опроса вполне ожидаемы. Я считаю, что наша система обучения персонала уже давно устарела, не вызывает интереса к обучению у сотрудников и требует применения современных методов обучения

Анализируя свою трудовую деятельность в сфере управления персоналом в течение 5 лет, а также полученные знания при обучении в университете, сегодня, я могу с уверенностью сказать, что каждый сотрудник, будь то владелец бизнеса, руководитель отдела или просто специалист, сам является «творцом» своего профессионального развития. Только регулярное обучение на протяжении всей жизни способно развивать человека, дать ему не остановиться в развитии и поддерживать необходимый уровень.

В наши дни, окружающий нас мир постоянно меняется. Соответственно меняется сама жизнь, образ жизни, как следствие – методы обучения.

Традиционное обучение остается в прошлом, такой вывод можно сделать, смотря, в том числе и на образовательный процесс в учебных учреждениях. Дистанционное обучение в наши дни становится все более популярным и востребованным.

Каждый из нас, чтобы быть в курсе последних событий нашей страны и мира в целом, традиционно использует федеральные каналы связи: выпуски новостей по телевидению, прямые эфиры на радиостанциях, газеты и журналы. Но с развитием социальных сетей и появлением онлайн-изданий, имея выход в интернет, в любое время суток можно найти интересующую информацию. Все это примеры микрообучения, с которыми мы сталкиваемся ежедневно.

Поколение нулевых выросло с телефонами в руках: получение информации здесь и сейчас со скоростью света – так привыкло жить современное поколение.

В наши дни, я считаю, микрообучение – это будущее и в обучении персонала. Цифровые средства коммуникации в профессиональной деятельности – это то, что необходимо компаниям, стремящимся соответствовать реалиям сегодняшнего дня. Новые технологии и методики можно применить в микрообучении. Внешняя среда заставляет менеджеров постоянно менять подход к своему делу, рутинные процессы остались в прошлом, уступив место digital-операциям.

Микрообучение – это обучение, в котором представленная информация может быть прочитана, просмотрена, прослушана в течение 10 минут. Это может быть видео, блог, небольшой пост, несущий в себе новые знания. Площадками микрообучения сегодня являются Твиттер, Youtube, Grovo, eTutorium, различные социальные и новостные сети.

Макрообучение же по сравнению с микрообучением направлено на изучения совершенно новой области – например, цифровой маркетинг, кибербезопасность.

Микрообучение – это отличная альтернатива наскучившим семинарам, когда десятки сотрудников часами вынуждены слушать тренера. Конечно, невозможно обучить сотрудников только при помощи микрообучения, но многие направления все-таки отлично для этого подходят. Например, сфере продаж.

Ниже представлен сравнительный анализ микрообучения и макрообучения (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ микрообучения и макрообучения.

Микрообучение	Макрообучение
Получение необходимой информации по запросу моментально	Изучение чего-то нового, ранее не изученного
Источник информации достоверный, информация точная	Компетентность автора не подтверждена
Информация будет получена на основе видео, статей, примеров и инструментов	Информация будет получена на курсах и программах
Полезную информацию можно получить за 5 минут	Полезную информацию можно получить в течение нескольких часов или дней
Полезность и качество информации можно оценить по рейтингу контента	Информацию предоставляет коуч, отвечает на вопросы по предоставленному материалу

Как показывают исследования психолога Германа Эббингауза, в современном мире цифровое обучение помогает компаниям соответствовать условиям, стилю работы, которые с годами радикально изменились. Каждый сотрудник тратит слишком много времени на поиск необходимой информации, постоянно отвлекаясь на сообщения и электронные письма. Целых 25% рабочего времени работники затрачивают на проверку электронной почты и ответы на письма. Среднестатистический сотрудник тратит менее 25 минут в неделю на обучение – 1% своего времени. Исследования также доказывают, что безотрывные курсы совершенно неэффективны. Мы действительно учимся, приобретаем новые навыки лишь при порционном обучении. Отличным примером может послужить подготовка студентов в ночь перед экзаменом. Поступление большого объема информации за такой короткий промежуток времени не может обеспечить сохранение полученных знаний и навыков на долгосрочный период.

Каждый сотрудник, устраиваясь на очередное место работы, сталкивается с очередным обучением. Огромной преградой становится изучение изо дня в день многостраничных справочников и методических материалов. Именно на этом этапе, оставшись один на один с огромным объемом информации, новые сотрудники теряются, уровень их энтузиазма падает, что приводит к отсутствию желания обучаться и выполнять должностные обязанности.

На мой взгляд, именно первые недели работы в компании являются решающими: если в компании не настроен правильно процесс обучения сотрудника, шансы на успешное прохождение адаптационного периода с дальнейшим закреплением в штате организации очень малы.

Истинным же желанием работников является обучение в удобное время и небольшими частями, ведь в данном случае они будут контролировать то, как и когда они учатся. При использовании микрообучения работодатель остается в выигрыше – это может обеспечить большую эффективность за меньшие деньги.

Какие же способы микрообучения сегодня существуют.

Во-первых, справочные материалы. Учитывая самостоятельность сотрудников и способность грамотно распределять свободное время, можно разработать вариант изучения информации в формате увлекательных видео-курсов. Единственное что нужно проговорить – сроки получения обратной связи. Таким образом, дистанционное обучение станет результативнее, так как каждый работник сможет выбрать, где и когда изучить учебные модули: например, за завтраком, перед сном, в транспорте по пути на работу.

Во-вторых, библиотека учебных модулей. В данном случае сотрудник, используя базу учебных материалов, видео-фильмов может самостоятельно найти интересующую информацию по тому или иному товару. Микрообучение позволит сотруднику обучиться по самостоятельно созданному расписанию, не отнимая время у других.

В-третьих, рассылка уведомлений сотрудникам о новой информации в формате видео или же в социальных сетях. В данном случае заинтересованный сотрудник будет своевременно оповещен о появившихся обновлениях. И для всего этого совершенно нет необходимости привлекать вышестоящее руководство.

Таким образом, можно сделать вывод: микрообучение может быть весьма эффективным для компании, ведь его задача – быть удобным для обучающихся сотрудников, что в свою очередь подразумевает возможность проходить курсы через мобильные устройства.

Сегодня имея под рукой телефон с выходом в интернет можно быстро просмотреть видео-курс. Как показывает практика, именно иллюстрации и видео гораздо проще и интереснее воспринимаются по сравнению с текстовым форматом.

Хотелось бы уделить отдельное внимание процессу онлайн-обучения, вебинарам.

Каждая крупная компания с развитой сетью филиалов по всей стране нуждается в обучении и развитии своих сотрудников. И онлайн-обучение как раз является тем случаем, когда можно организовать корпоративное обучение эффективно, оптимизировав расходы.

Вебинары – это выгодная альтернатива очным обучением, которые не только занимают много времени, но и обходятся в весьма крупную сумму.

Не каждая компания готова позволить себе проводить очное корпоративное обучение сотрудников (руководящее звено, линейный персонал) отправляя в командировки тренинг-менеджера. Все хотят здесь и сейчас, быстро, без отрыва от работы и, разумеется, недорого.

Вебинары – это выгодная альтернатива выездным обучением, совещаниям, семинарами межрегиональным тренингам, на которые обирается от нескольких сотрудников до сотен участников. При этом, как тренер, как и все участвующие, могут находиться в любом городе. Единственное требование – доступ к интернету и компьютер (телефон, планшет).

При создании микрообучения необходимо учитывать несколько правил (на основе разработок программ микрокурсов от компании «Studyx»). Правила представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Правила по созданию микрообучений

Форма учебного материала	Продолжительность
Видео-лекции	Длительностью от 2 до 5-6 минут
Анимированные ролики	Длительностью от 1 до 5-6 минут
Анимированные презентации	Размером от 5 до 10-15 слайдов
Текстовые уроки	Размером от 650 до 1300 знаков с пробелами
Тесты	Сложностью от 2 до 5 вопросов
Банк вопросов	Не менее 10 вопросов для каждого урока

Основными преимуществами онлайн-обучения являются:

- простота и скорость организации (нет необходимости арендовать зал под тренинг);
- отсутствие затрат на командировки (реальная экономия на проезде, питании, проживании привлеченных сотрудников);
- простота (участие в обучении возможно из любого города);
- мобильность (приложения для участия устанавливаются как на стационарный ПК, так и на мобильные устройства);
- экономия времени и ресурсов (возможность использования записи уже проверенных ранее обучения для ознакомления с ними нового сотрудника);
- эффект «живого общения» (можно видеть и слышать тренера, задавать вопросы и писать в чате);
- оперативная проверка знаний (проведение интерактивных тестов и опросов).

### **Выводы**

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод: будущее за цифровыми технологиями.

Современное общество настолько привыкло к ежедневному использованию различных приложений, социальных сетей, чатов, что развитие новых технологий по обучению персонала также должно соответствовать тенденциям и запросам.

Дистанционное обучение, электронные библиотеки, вебинары, видео-курсы, онлайн-тестирования, социальные сети – без всего этого многие из нас уже не представляют своей жизни.

Я считаю, что современные цифровые технологии являются одним из стимулов повышения интереса к обучению. К тому же, постоянный доступ к онлайн-ресурсу дает возможность изучить все необходимые материалы, например, связанные с профессиональной деятельностью.

На мой взгляд, необходимо следовать сложившейся тенденции микрообучения. Оно идеально подходит для современного мира мобильного обучения, постоянной загруженностью и нехваткой времени.

Благодаря микрообучению можно получить краткую, доступную и достоверную информацию в короткие сроки

### **Литература**

1. Митчелл Хоффман, Лиза Б. Кан и Даниэль Ли. Направление в найме // Рабочий документ Гарвардской школы бизнеса, № 16-055, 2015. С. 12-21.
2. Плещиц С.Г., Дергаль П.П. Основы конфликтологии. СПб: изд-во СПбГФЭУ, 2012. С. 48-64.
3. Энн Мари Райан, Нэнси Т. Типпинс. Привлечение и отбор: что говорит нам психологическое исследование // Управление человеческими ресурсами, том 43, выпуск 4, 2004 г. С. 305-318.

УДК 004:378.14

**ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
НА ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МОЛОДЕЖИ**

**THE IMPACT OF THE DEVELOPMENT OF MODERN TECHNOLOGY  
ON IMPROVING THE COMPETITIVENESS OF YOUNG PEOPLE**

<sup>1</sup>Абраамян Л.А., <sup>2</sup>Латыпова Д.Р.,

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет»

<sup>2</sup>ФБГАОУ НИУ «Южно-Уральский Государственный университет»

г. Челябинск, Российская Федерация

L.A. Abraamyan<sup>1</sup>, D.R. Latypova<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>FSBEI HPE “Chelyabinsk State University”

<sup>2</sup>FSBAEI NRU “South Ural State University”

Chelyabinsk, Russian Federation

e-mail: llusine\_abraamyan@mail.ru

**Аннотация.** Качество человеческих ресурсов играет особую роль в условиях глобализации современной экономики. Это является некой главной движущей силой рыночного механизма и его конкурентоспособности. Поэтому образование, включающее в себя переподготовку и повышение квалификации, как ключевой конкурентообразующий фактор, определяет его необходимое значение и высокий статус в современном обществе. На сегодняшний день инновационные способы производства и передачи знаний выдвигаются на первый, поэтому качественное использование человеческих и природных ресурсов вместе с научно-техническим потенциалом способно повысить конкурентоспособность региона, страны и выступить гарантом экономической безопасности. Эффективность образования, науки, техники и технологий всегда является ключом ко всем экономическим успехам компаний и к росту их конкурентоспособности. Основная задача современной экономики – это повышение эффективности ее управления. Для достижения этой цели необходима достоверная и объективная характеристика динамики экономического развития и конкурентоспособности как государственного, так и регионального уровней. А такие задачи, как подготовка квалифицированных кадров, способных к творческой и инновационной деятельности; повышение региональной социально-экономической конкурентоспособности посредством улучшения профессиональных качеств специалистов и расширения возможности их реализации, являются важными для каждого региона.

**Abstract.** The quality of human resources plays a special role in the conditions of globalization of the modern economy. This is the main driving force behind the market mechanism and its competitiveness. That's why education, which includes retraining and advanced training as a key competitive factor, determines its necessary significance and high status in modern society. Today, innovative ways of producing and transferring knowledge are coming to the fore, so high-quality use of human and natural resources, together with scientific and technical potential, can increase the competitiveness of the region and country and act as a guarantor of economic security. The effectiveness of education, science, technology and technology is always the key to all the economic success of companies and to

the growth of their competitiveness. The main task of the modern economy is to increase the efficiency of its management. To achieve this goal, a reliable and objective characterization of the dynamics of economic development and competitiveness at both the state and regional levels is necessary. And such tasks as the training of qualified personnel capable of creative and innovative activities; Improving regional socio-economic competitiveness by their implementation are important for each region.

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, экономика, образование, развитие, молодежь.

**Keywords:** competitiveness, economy, education, development, youth.

Образование занимает важное экономическое и социальное место в экономике любой страны. Оно влияет на развитие и состояние всех их организаций не зависимо от сферы их деятельности. Поэтому крайне необходимо постоянно отслеживать состояние рынка услуг образования, чтобы достигнуть стабильности в образовательных учреждениях в непрерывно изменяющихся экономических условиях.

Целью программы образования является формирование целостной системы универсальных знаний умений и навыков, а так же опыта самостоятельной деятельности обучающихся. Стоит отметить, что качество образования обеспечивают эти ключевые компетенции. Образовательные программы выступают как продуктом образовательного учреждения, так и его товаром.

Понятию конкурентоспособности образовательного учреждения ученые дают различное определение. Учитывая все их неточности, в качестве наиболее точного и полного предлагается понимать его способность противостоять на рынке другим образовательным учреждениям как по степени удовлетворения своими образовательными услугами конкретной общественной потребности, так и по эффективности научно-образовательной деятельности.

Конкурентоспособность образовательного учреждения определяется его внешними и внутренними конкурентными факторами. Учебные заведения не могут реагировать на первые, так как они находятся вне сферы их компетенций, но внутренние факторы практически полностью контролируются руководством организации. Достижение их в основном осуществляется персоналом, но особая роль при этом отводится руководителю.

Выделяют так же и третью группу факторов – стратегические факторы. Они состоят из нескольких подгрупп:

Первая подгруппа – это факторы, которые непосредственно связаны с образовательным процессом. Они состоят из фундаментальной подготовки специалистов образовательных учреждений, широкого профиля предоставляемых образовательных услуг и прочих.

Вторая подгруппа – это стратегические факторы, которые связаны с материальной базой высшего учебного заведения. Они включают применение информационных технологий, оснащенность современным оборудованием и наличие современного программного обеспечения, в том числе узкоспециализированного для отдельных профилей и программ подготовки.

Третья подгруппа стратегических факторов связана с научными исследованиями. Например, проведение научно-исследовательских работ, их востребованность и т.д.

И, наконец, четвертая подгруппа – это факторы, связанные с дополнительными услугами, которые важны для потребителей. Значительную роль среди данных

факторов играют услуги, связанные с трудоустройством по окончании высшего учебного заведения.

Образовательные учреждения добиваются конкурентных преимуществ, следуя трем основным стратегиям:

- они должны предоставлять образовательные услуги не только высокого качества, но и низкой стоимости;
- включают в себя широкий спектр образовательных программ и направлений подготовки;
- образовательные услуги направлены на потребителей для более полного удовлетворения как их потребностей и интересов, так и запросов в услугах образования.

К факторам, обеспечивающим успех образовательного учреждения в конкурентной борьбе, относят:

- 1) высокое качество предоставляемых услуг;
- 2) основательность подготовки экспертов, дающих знания;
- 3) оптимальная длительность предоставления образовательных услуг;
- 4) наличие развитой социально-культурной базы образовательного учреждения;
- 5) осуществление различных научно-исследовательских работ в процессе обучения и их востребованность;
- 6) приемлемый уровень цен за предоставляемые услуги и выгодные условия оплаты;
- 7) использование информационных технологий в обучении;
- 8) наличие высокого уровня научно-методического, материально-технического, кадрового и финансового обеспечения процесса оказания услуг образования;
- 9) широкий спектр программ подготовки, переподготовки и повышения квалификации;
- 10) разработка условий и гарантий качественного образования;
- 11) непрерывность, новаторство и творческий характер в образовании;
- 12) наличие практической направленности в обучении;
- 13) оказание сопутствующих услуг, в число которых входит трудоустройство по окончании образовательного учреждения;
- 14) соответствие образования потребностям и задачам развития экономики, культуры и науки;
- 15) международный характер образования.

Сегодня специфика экономики нашей страны состоит в делении регионов по уровню их социального и экономического развития. Согласно Конституции Российской Федерации регионы являются субъектами федерации, в которых осуществляются поставленные перед обществом цели и задачи развития.

Существует официальная статистика, в которой отражаются показатели социально-экономического развития региона, их динамика и положение в национальной экономике. Она также определяет конкурентоспособность экономики регионов, где ключевой критерий – это устойчивое социально-экономическое развитие региона с обеспечением высокого качества жизни его населения.

С конца XX и до первой половины XXI вв. в мире наблюдается повышение образовательного ценза населения. Например, численность студентов (высчитывая на 10 тысяч жителей) с 1990 по 2010 гг. в Японии повысилась на 35,5%, Германии – на 73,9%, в Соединенных Штатах Америка возросла в 2,5 раза, а в Российской Федерации – в 2,7.

Повышение уровня образования населения связано с созданием конкурентоспособной и квалифицированной рабочей силы государства или ее субъектов и увеличением конкурентоспособности на макроуровне. К примеру, 42% населения Японии имеет высшее образование, что объясняет высокую конкурентоспособность ее специалистов на рынке труда различных профессий.

Также ведущие экономисты считают, что с уровнем знаний, умений и навыков связаны валовой внутренний продукт и производительность труда работников. Так, в Великобритании увеличение численности студентов высших учебных заведений в указанный выше промежуток времени сопровождалось ростом ВВП в 2,1 раз. Конечно, уровень образованности населения не всегда влияет на рост ВВП, но можно говорить о человеческом капитале в качестве главного производительного и социального фактора развития современной экономики и общества.

### **Выводы**

Социальные и экономические преобразования, которые происходили в Российской Федерации за последние десять лет, выдвинули новые требования к профессиональной подготовке специалиста: сегодня требуются специалисты, обладающие глубокими и прочными профессиональными знаниями. Они также должны обладать умением сплачивать коллектив единомышленников и добиваться поставленных целей предприятия. Кроме того, необходимо делать акцент на подготовке разносторонних и глубоко образованных специалистов, которые творчески мыслят и быстро адаптируются в стремительно меняющемся мире.

Таким образом, развитие и совершенствование системы образования позволяет решать стратегические задачи развития не только на региональном уровне, но и на уровне государства, а так же повысить конкурентоспособность регионов и в полной мере решить задачу повышения эффективности управления экономикой.

### **Литература**

1. Храмова Л.Н., Лобанова О.Б., Колокольникова З.У. и др. Образование как ключевой фактор повышения конкурентоспособности Красноярского края // *Фундаментальные исследования*. 2017. №7.
2. Молочников Н.Р., Реутова И.В., Лобовская Т.А. Конкурентоспособность образовательных учреждений: ключевые факторы успеха // *Успехи современного естествознания*. – 2014. №8.
3. Анащенко И.К. Система факторов конкурентоспособности образовательной программы высшего профессионального образования // *Молодой ученый*. – 2015. – №10.2. – С. 88-91.
4. Шевченко Ю.А. Применение проективной методики «Я-ВУЗ» при исследовании конкурентоспособности вуза // *Науковедение*. 2013. №3 (16). С. 39.
5. Булатова Е.А., Назарова Н.А. Тенденции и проблемы развития калининградского рынка услуг по обучению иностранным языкам // *Молодой ученый*. 2014. №7.1. С. 16-19.

УДК 004.02

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА  
АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ  
ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**INFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF TOOLS  
REGULATING HARMFUL INDUSTRIAL EMISSIONS**

Наталуха И.А.,  
Северо-Кавказский федеральный университет (филиал в г. Пятигорске),  
г. Пятигорск, Российская Федерация

I.A. Natalukha,  
North Caucasus Federal University (branch in Pyatigorsk), Pyatigorsk, Russian Federation

e-mail: in63@mail.ru

**Аннотация.** Разработана информационная система численного анализа эффективности различных инструментов регулирования вредных выбросов предприятий (экологических нормативов, эколого-технологических нормативов, предоставляемых государством квот на промышленное загрязнение и платных квот на промышленное загрязнение). Построена математическая модель, позволяющая методами вычислительного эксперимента выяснять эффективность различных инструментов регулирования вредных выбросов предприятий как стимулов предприятий к финансированию создания и внедрения инновационных технологических процессов (ИТП). С использованием разработанной информационной системы выяснено, что стимулы предприятий к созданию и внедрению ИТП в значительной степени определяются как прямым воздействием финансирования предприятиями создания и внедрения ИТП, так и эффектами взаимодействия предприятий на продуктовом рынке и рынке квот на производственные выбросы. На основе численного анализа при различных видах конкуренции на рынках квот и продуктовом рынке выяснена относительная эффективность таких инструментов регулирования выбросов, как экологический норматив, эколого-технологический норматив, предоставляемые государством квоты и платные квоты на производственные выбросы. Установлено, что экологические нормативы и эколого-технологические нормативы приводят к более сильным стимулам предприятий финансировать создание и внедрение ИТП, чем квоты на выбросы.

**Abstract.** An information system is developed for the numerical analysis of the effectiveness of various tools for controlling harmful emissions from enterprises (environmental standards, environmental and technological standards, state-provided quotas for industrial pollution and sold quotas for industrial pollution). A mathematical model has been built, which allows the computational experiment methods to find out the effectiveness of various tools for controlling emissions of enterprises as incentives for enterprises to finance the creation and implementation of innovative technological processes (ITP). Using the information system developed, it has been found that the incentives of enterprises to create and implement ITP are largely determined by both the direct impact of financing by enterprises on creating and introducing ITP, and the effects of interaction between enterprises in the product market and in the market for quotas on industrial emissions. Based on a

numerical analysis of various types of competition in quota markets and the product market, the relative effectiveness of emission control tools such as environmental standards, environmental technology standards, government-provided quotas and paid emissions quotas have been elucidated. It has been established that environmental standards and environmental technology standards lead to stronger incentives for enterprises to finance the creation and implementation of ITP than emission quotas.

**Ключевые слова:** информационная система, оптимальность, экологическое регулирование, прибыль, производственные выбросы.

**Keywords:** information system, optimality, environmental regulation, profits, industrial emissions.

Регулирование производственных выбросов является основным фактором в разработке и применении инновационных технологических процессов (ИТП), которые снижают вредное воздействие на окружающую среду. Поэтому разработка информационной системы анализа относительной эффективности различных инструментов контроля вредных выбросов, является актуальной задачей. Разрабатываемая в работе информационная система основывается на сформулированной ниже эколого-математической модели. В производственной отрасли изучаются два предприятия, которые максимизируют получаемую ими прибыль.

Предприятие  $i$  производит продукцию в объеме  $q_i$ . Спрос характеризуется функцией  $P = P(Q)$ , где  $P$  – цена производимой продукции, а  $Q = q_1 + q_2$  есть полный объем продукции, произведенной отраслью. Предприятия обозначаем 1 и 2 или индексируем  $i$  и  $j$ . Без применения экологического госрегулирования деятельность предприятий может приводить к производственным выбросам объемами  $q_i$ .

Затраты на снижение выбросов обозначаем функциями  $C_i(q_i - e_i)$ , в которых  $e_i$  – объемы производственных выбросов предприятий после снижения выбросов. Предприятие  $i$  имеет возможность улучшения своей технологии сокращения производственных выбросов за счет финансирования создания и внедрения ИТП. Если предприятие вкладывает в создание и внедрение ИТП средства  $K_i$ , то затраты на снижение производственных выбросов сокращаются с уровня  $C_i(q_i - e_i)$  до уровня  $k_i C_i(q_i - e_i)$ .

Производственная функция, описывающая создание и внедрение ИТП, имеет следующий вид  $k_i = f_i(K_i)$ .

Издержки на создание и внедрение ИТП равны  $v_i K_i$ . Задача экологической политики состоит в поддержании полного объема производственного загрязнения в размере  $\bar{E} = e_1 + e_2$ . Это может достигаться либо за счет установления экологических (допустимая масса загрязнения, утверждаемая для предприятия) или эколого-технологических нормативов (допустимая масса выбросов в расчете на единицу производимой предприятием продукции) для предприятий, либо за счет бесплатного распределения государством квот на производственные выбросы, либо за счет продаваемых государством квот на выбросы.

Оптимизированный объем финансирования создания и внедрения ИТП при использовании каждого из средств осуществления экологической политики может быть получен максимизацией выражения  $\pi_i(K_i) - v_i K_i$ , в котором  $\pi_i(K_i)$  есть прибыль предприятия  $i$ . Решение  $K_i^*$  может быть определено из условия  $\frac{d\pi_i(K_i)}{dK_i} = v_i$ , где  $\frac{d\pi_i(K_i)}{dK_i}$  есть полная производная от  $\pi_i(K_i)$  относительно  $K_i$ .

Инструмент  $A$  стимулирует более высокий объем финансирования создания и внедрения ИТП, чем  $B$ , в том случае, когда справедливо неравенство  $\left| \frac{d\pi_i^A}{dK_i} \right| > \left| \frac{d\pi_i^B}{dK_i} \right|$ .

Производная  $\left| \frac{d\pi}{dk} \right|$  рассчитана при использовании каждого из перечисленных выше инструментов осуществления экологической политики. Если инструментом осуществления экологической политики является экологический норматив, то при каждом данном уровне  $k_i$  предприятие  $i$  стремится максимизировать свою прибыль

$$\pi_i(k_i) = P(Q)q_i - k_i C(q_i - e_i), \quad (1)$$

причем  $e_i \leq \bar{e}_i$ , а  $\bar{e}_i$  – установленное государством для предприятия  $i$  предельное значение суммарного объема вредных выбросов.

Принимая  $e_i = \bar{e}_i$ , приходим к выводу, что следующая система уравнений относительно  $q_i$  определяет равновесное состояние:

$$P(Q) + P'(Q)q_i - k_i C'_i(q_i - \bar{e}_i) = 0. \quad (2)$$

Стимулы финансирования создания и внедрения ИТП можно получить при использовании модуля производной от выражения (1) относительно  $k_i$  при оптимальных уровнях объемов производства продукции и объемов производственных выбросов. Указанная производная может быть представлена в следующем виде

$$\left| \frac{d\pi_i}{dk_i} \right| = C(q_i - \bar{e}_i) - P'(Q)q_i \frac{dq_i}{dk_i}. \quad (3)$$

Первое слагаемое справа в выражении (3) будем называть прямым эффектом. Прямой эффект всегда имеет положительное значение и увеличивается с приращением объема снижения производственных выбросов  $q_i - e_i$ . Таким образом, при более строгом эколого-технологическом нормативе на выбросы (то есть при более низком  $\bar{e}$ ) прямой эффект повышается. На товарном рынке, на котором число предприятий велико, прямой эффект является единственным фактором, который должен приниматься в расчет предприятием  $i$  при выборе оптимальных объемов финансирования создания и внедрения ИТП. Второе слагаемое в (3) будем называть стратегическим эффектом. Этот фактор представляет собой результат воздействия

инвестирования предприятием  $i$  в создание и внедрение ИТП на предприятие-соперник  $j$ . Так как  $P' < 0$ , знак этого фактора определяется знаком производной  $\frac{dq_j}{dk_i}$ .

После ряда преобразований получена аналитическая формула для производной  $\frac{dq_j}{dk_i}$ , с использованием которой (3) преобразуется к виду

$$\left| \frac{d\pi}{dk} \right| = C(q - \bar{e}) - P'(Q)q \frac{C'(P' + P''q)}{(P' - kC'')(-3P' - 2P''q + kC'')} . \quad (4)$$

При условии  $P' + P''q < 0$  составляющая  $\frac{dq_j}{dk_i}$  в формуле (4) имеет положительный знак, и стратегический эффект также имеет положительный знак.

Отметим, что стратегический эффект положителен в случае, если функция спроса линейна, так как  $P'' = 0$ .

Если в качестве средств ограничения производственных выбросов используются эколого-технологический норматив, то

$$\left| \frac{d\pi}{dk} \right| = C(q - \bar{h}q) - P'(Q)q \frac{C'(P' + P''q)}{(P' - (1 - \bar{h})kC'')(-3P' - 2P''q + (1 - \bar{h})kC'')} .$$

причем  $\frac{e_i}{q_i} \leq \bar{h}_i$ , а  $\bar{h}_i < 1$  представляет собой норматив интенсивности производственных выбросов (то есть удельной массы загрязнения), который устанавливается для предприятия  $i$ .

Анализ показывает, что если в отрасли имеет место несовершенная конкуренция, то применение в качестве средства ограничения загрязнения эколого-технологического норматива может приводить к более высоким или низким стимулам к инвестированию в создание и внедрение ИТП, чем при применении в качестве средства ограничения загрязнения полного объема производственных выбросов.

Если средством ограничения выбросов являются предоставляемые государством квоты на выбросы (эти квоты впоследствии образуют рынок квот на выбросы), то

$$\left| \frac{d\pi}{dk} \right| = C(q - e) - \frac{C'P'q}{2(3P' + 2P''q - kC'')} . \quad (5)$$

Предоставляемые государством квоты и экологические стандарты как средства ограничения промышленного загрязнения окружающей среды различаются следующим образом.

Прямое воздействие одно и то же при применении этих двух средств ограничения промышленного загрязнения, а эффект взаимодействия имеет

положительный знак при применении экологических нормативов промышленного загрязнения и отрицательный знак при применении предоставляемых государством квот (эти квоты впоследствии образуют рынок квот на промышленные выбросы и могут торговаться на этом рынке) как средства ограничения загрязнения.

Таблица 1 – Стимулы предприятий к финансированию предприятиями создания и внедрения ИТП

Инструмент экологического регулирования	$k$	Прямой эффект	Стратегический эффект	Совокупный эффект
экологический норматив	1,00	0,2500	0,1875	0,4375
эколого-технологический норматив	1,00	0,2495	0,3376	0,5871
бесплатно предоставляемые государством квоты на выбросы	1,00	0,2500	0,1875	0,0625
продаваемые квоты на выбросы	1,00	0,2500	0,1875	0,4375
экологический норматив	0,75	0,1875	0,2021	0,3896
эколого-технологический норматив	0,75	0,1871	0,2973	0,4844
бесплатно предоставляемые государством квоты на выбросы	0,75	0,1875	0,1579	0,0296
продаваемые квоты на выбросы	0,75	0,1875	0,1579	0,3454
экологический норматив	0,50	0,1250	0,1846	0,3096
эколого-технологический норматив	0,50	0,1248	0,2246	0,3493
бесплатно предоставляемые государством квоты на выбросы	0,50	0,1250	0,1154	0,0096
продаваемые квоты на выбросы	0,50	0,1250	0,1154	0,2404

Если в качестве средства ограничения промышленных выбросов используются платные (продаваемые) квоты на выбросы, то

$$\left| \frac{d\pi}{dk} \right| = C(q - e) - \frac{C'P'q}{2(3P' + 2P''q - kC'')} + \frac{C'(3P' + 2P''q)e}{2(3P' + 2P''q - kC'')} \quad (6)$$

Для осуществления численного анализа предложенной в предыдущем разделе модели, а также проверки и иллюстрации сделанных выше выводов была разработана программа на языке Visual Basic. Для функции спроса была использована следующая линейная зависимость  $P(Q) = a - bQ$ .

Затраты на снижение промышленного загрязнения после финансирования предприятиями создания и внедрения ИТП определяем функцией

$$C(q - e) = k(q - e)^2, \quad k = f(K).$$

Входными данными в программе являются параметры  $\bar{h}$ ,  $q$ ,  $e$ ,  $b$ , характеризующие товарный рынок и рынок квот на выбросы, а также производственную технологию.

Выходными данными являются результаты расчета производных от прибыли предприятий по инвестициям в создание и внедрение ИТП, которые характеризуют

стимулы предприятий финансировать создание и внедрение ИТП. Таблица 1 и таблица 2 показывают полученные результаты численного анализа стимулов предприятий финансировать создание и внедрение ИТП при разных уровнях финансирования предприятиями создания и внедрения ИТП ( $k = 0,5; 0,75; \dots; 1,0$ ) и разной эластичности функций спроса.

Таблица 2 – Стимулы предприятий к финансированию предприятиями внедрения ИТП (эластичность спроса высока)

Инструмент экологического регулирования	$k$	Прямой эффект	Стратегический эффект	Совокупный эффект
экологический норматив	1	16,0000	0,0601	16,0601
эколого-технологический норматив	1	16,0000	0,4109	16,4109
бесплатно предоставляемые государством квоты на выбросы	1	16,0000	0,6012	15,3988
продаваемые квоты на выбросы	1	16,0000	0,5932	16,5932
экологический норматив	0,75	12,0000	0,1465	12,1465
эколого-технологический норматив	0,75	12,0000	1,0793	13,0793
бесплатно предоставляемые государством квоты на выбросы	0,75	12,0000	1,1302	10,8698
продаваемые квоты на выбросы	0,75	12,0000	0,9002	12,9002
экологический норматив	0,5	8,0000	0,5001	8,5001
эколого-технологический норматив	0,5	8,0000	3,7392	11,37392
бесплатно предоставляемые государством квоты на выбросы	0,5	8,0000	2,7892	5,2108
продаваемые квоты на выбросы	0,5	8,0000	1,4892	9,4892

Результаты численных расчетов (проведенные для  $b = 2$ , то есть, для низкоэластичной функции спроса), иллюстрирующие стремление предприятий к финансированию создания и внедрения ИТП, показаны в таблице 1.

Анализ результатов таблицы 1 показывает, что, как правило, в исследуемом интервале параметров эколого-технологические нормативы и экологические нормативы приводят к более высоким инвестициям предприятий в создание и внедрение ИТП, чем платные и предоставляемые государством квоты.

Результаты численного анализа стимулов предприятий к финансированию создания и внедрения ИТП для функции спроса с высокой эластичностью ( $b = 0,05$ ) продемонстрированы в таблице 2. Функция спроса с более высокой эластичностью приводит к уменьшению способности предприятий оказывать влияние на продуктовом рынке; в связи с этим прямое воздействие инвестиций более значительно, чем эффект взаимодействия предприятий.

## Выводы

Таким образом, разработана информационная система численного анализа эффективности различных регуляторов ограничения вредных выбросов предприятий. Проведенный численный анализ свидетельствует о том, что желание предприятий финансировать создание и внедрение ИТП в значительной степени определяются как прямым воздействием финансирования предприятиями создания и внедрения ИТП, так и эффектами взаимодействия предприятий на продуктовом рынке и рынке квот.

## Литература

1. Экология и экономика природопользования: учебник / под ред. Э.В. Гирусова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2014. – 607 с.
2. Кононенко Л.А., Наталуха И.А., Плещенко Т.В. Моделирование оптимальной стратегии эколого-экономического регулирования // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы «Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий». – Волгоград: ВГАУ, 2018. – Том 3. – С. 335-342.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

УДК 004.94:532.685

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ ФЛЮИДОВ  
ПРИ ПОРШНЕВОМ ВЫТЕСНЕНИИ****MATHEMATICAL SOFTWARE OF THE PROBLEM OF FLUID FILTERATION  
WITH PISTON EXTRUSION**

Курбонов Н.М.,

Ташкентский университет информационных технологий им. Мухаммада ал-Хоразмий,  
г. Ташкент, Узбекистан

N.M. Kurbonov,

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi,  
Tashkent, Uzbekistan

e-mail: nozim\_kurbonov@mail.ru

**Аннотация.** Для ускорения разработки нефтегазовых месторождений, повышения их технико-экономических показателей с целью максимального извлечения продуктов из старых нефте-газовых залежей, необходимо проведение комплексных исследований с помощью математического инструментария. Примером такого математического аппарата является триада «математическая модель, численный алгоритм и программно-инструментальный комплекс» для реализации задачи и проведения вычислительных экспериментов на ЭВМ при различных входных технологических параметрах объекта исследования. В настоящей работе рассматривается математическое обеспечение для исследования сложных динамических процессов, происходящих в пластовых условиях при вытеснении нефти газом или водой в одномерной постановке, и разработанного на основе законов гидродинамики. Для численного решения рассматриваемой задачи был применен метод выпрямления фазовых фронтов и метод конечной разности. На основе разработанного численного алгоритма, составлено программное средство для определения основных параметров и их диапазонов изменения процесса фильтрации в пластовых системах. Адекватность разработанных моделей была проверена путем проведения серии вычислительных экспериментов. Созданное математическое и программное обеспечение служит цели исследования, прогнозирования и принятия решений при разработке и проектировании нефтяных и газовых месторождений.

**Abstract.** To intensify the development of oil and gas fields, to enhance their technical and economic parameters in order to maximize product extraction from old oil and gas deposits, it is necessary to conduct comprehensive research using mathematical tools. As an example of such a mathematical tool there is a triad – “mathematical models, numerical algorithms and software” related to solving of problems and to conduct computational experiments with different input technological parameters of the object of study. This paper discusses the mathematical effort on the study of complex dynamic processes occurring in reservoir conditions when oil is displaced by gas or water in a one-dimensional formulation, and developed on the basis of the hydrodynamic laws. For the numerical solution of the

problem under consideration, the method of straightening the phase fronts and the method of finite difference were applied. On the basis of the developed numerical algorithm, a software tool was compiled for determining the main parameters and their ranges for changing the filtration process in reservoir systems. The adequacy of the developed models was verified by conducting a series of computational experiments. Created mathematical and software serves the purpose of research, forecasting and decision-making in the development and design of oil and gas fields.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, численный метод, вычислительный эксперимент, пористая среда, флюид, программное средство, поршневое вытеснение, нефть, газ, вода.

**Keywords:** computer simulation, numerical method, computational experiment, porous medium, fluid, software, piston extrusion, oil, gas, water.

Достижение энергетической независимости является одной из основных целей любого государства. В настоящее время основными источниками энергии являются нефть и газ. Однако ограниченный объем этих продуктов, а также их поиск и извлечение – это довольно сложные вопросы, требующие все более эффективных решений.

Достижение указанной цели невозможно без разработки соответствующих математических моделей, эффективных консервативных конечно-разностных методов и программных средств для комплексного исследования процессов, происходящих при разнообразных естественных и искусственных условиях воздействия на продуктивные пласты.

Надо отметить, что проблемами моделирования с целью исследования процесса массопереноса в пористых средах занимаются многие исследователи. К настоящему времени получен ряд значительных теоретических и прикладных результатов.

М.Г. Ложкиным [1, С. 39-41] создана математическая модель, позволяющая получить фазовые проницаемости для газа, воды и конденсата при вытеснении газа водой и конденсатом, а также для нефти, газа и воды при вытеснении нефти газом и водой.

Процесс вытеснения нефти водогазовой смесью с учетом образования микропузырьков за счет использования пенообразующих свойств нефти был рассмотрен В.Н. Кутруновым и Е.А. Падиным [2, С. 163-172]. Авторами проведено сравнение эффективности различных технологий закачки водогазовой смеси и получено оптимальное соотношение воды и газа в смеси, которое позволяет достичь максимального вытеснения нефти в сравнении со стандартными методами.

Анализ указанных источников показал, что в исследованиях авторов не рассмотрен процесс двухстороннего вытеснения нефти газом и водой с двух сторон, в результате которого образуются зоны чистого газа, смеси нефти-газа-воды, чистой нефти. В настоящей работе предприняты усилия для восполнения данного пробела. Как было упомянуто выше, математическую модель процесса, происходящего в пластовых условиях, необходимо сформулировать на основе положений механики многофазных сред в виде задачи типа Стефана с неизвестными границами фаз.

В настоящей работе исследуются сложные динамические процессы, происходящие в пластовых условиях при вытеснении нефти газом или водой в одномерной постановке.

Для простоты понимания представим одномерный пласт в виде, приведенном на рис. 1.

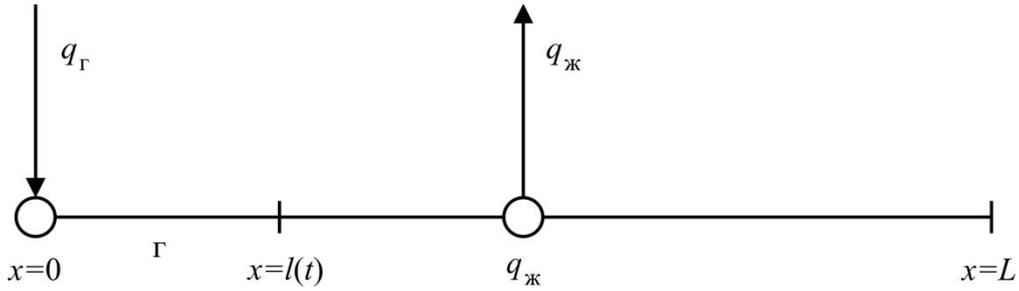


Рисунок 1. Схематическое представление одномерного пласта газ-жидкость-вода

В сечение  $x=0$  вводится газ (вода) с интенсивностью  $q_{\Gamma}$ . Из сечения  $x=\zeta$  производится отбор нефти с интенсивностью  $q_{\text{ж}}$ .  $x=L$  составляет границу пористого пласта. Граница между закачиваемого газа (воды) и нефти является переменной  $x=l(t)$ .

Используя законы газогидродинамики, можно сформулировать математическую модель процесса воздействия на пласт объемом газа и продвижения жидкости в пласте, которая приводится к решению следующей системы нелинейных дифференциальных уравнений в безразмерном виде:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( P \frac{K}{\mu_{\Gamma}} \frac{\partial P_{\text{газ}}}{\partial x} \right) = \frac{\partial P_{\text{газ}}}{\partial t}, \quad 0 < x < l(t), \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{K}{\mu_{\text{H}}} \frac{\partial P_{\text{нефть}}}{\partial x} \right) = \frac{\partial P_{\text{нефть}}}{\partial t} + F \quad \text{при } l(t) < x < L, \quad (2)$$

$$\left. \frac{\partial P}{\partial x} \right|_{x=0} = -A_1 q_{\Gamma}, \quad (3)$$

$$P(x, t) = f(x, t), \quad x = L, \quad t > 0, \quad (4)$$

$$F = A_2 q_{\text{ж}} \delta(x - \zeta_i), \quad (5)$$

$$S_{\text{H}} \frac{dl}{dt} = - \left. \frac{\partial P}{\partial x} \right|_{x=l(t)+0}, \quad (6)$$

$$P_{\text{газ}} \Big|_{x=l(t)-0} = P_{\text{нефть}} \Big|_{x=l(t)+0}, \quad (7)$$

$$\left. \frac{K}{\mu_{\Gamma}} \frac{\partial P}{\partial x} \right|_{x=l(t)-0} = \left. \frac{K}{\mu_{\text{H}}} \frac{\partial P}{\partial x} \right|_{x=l(t)+0}, \quad (8)$$

$$P(x, 0) = P_{\text{H}}, \quad l(0) = l^0, \quad 0 < x < L. \quad (9)$$

В формулах (1)-(9) приняты следующие обозначения:

$S_n$  – насыщенность породы нефтью;

$K$  – абсолютная проницаемость породы;

$\mu_g, \mu_n$  – соответственно вязкости газа и нефти;

$P(x, 0) = P_n$  – начальное распределение давления;

$P_{нефть}, P_{газ}$  – соответственно давления нефти и газа;

$\zeta_i$  – внутренняя особая точка (нагнетательная или эксплуатационная скважина);

$l(t)$  – подвижная граница раздела;

$L$  – длина пласта;

$q_g, q_n$  – интенсивности работы скважин;

$A_1, A_2$  – некоторые постоянные величины.

Таким образом, получена замкнутая система нелинейных дифференциальных уравнений, описывающая функционирование системы «Пласт-скважина». Краевая задача, описывающая рассматриваемый процесс фильтрации, относится к задачам типа Стефана.

Для численного решения рассматриваемой задачи применим метод выпрямления фазовых фронтов и метод конечной разности [3-6].

На основе разработанного численного алгоритма, составлено программное средство для определения основных параметров и их диапазонов изменения с целью проектирования и разработки нефтегазовых месторождений.

С помощью программы проведен ряд вычислительных экспериментов.

Проведенные численные расчеты показали, что существенными параметрами, влияющими на технологию разработки добычи углеводородов из пластовых систем, являются коэффициенты фильтрации, вязкости и структура пористых пород.

Чем выше значение ширины пласта, тем медленнее происходит падение давления углеводородов в пласте при добыче (рисунок 1).

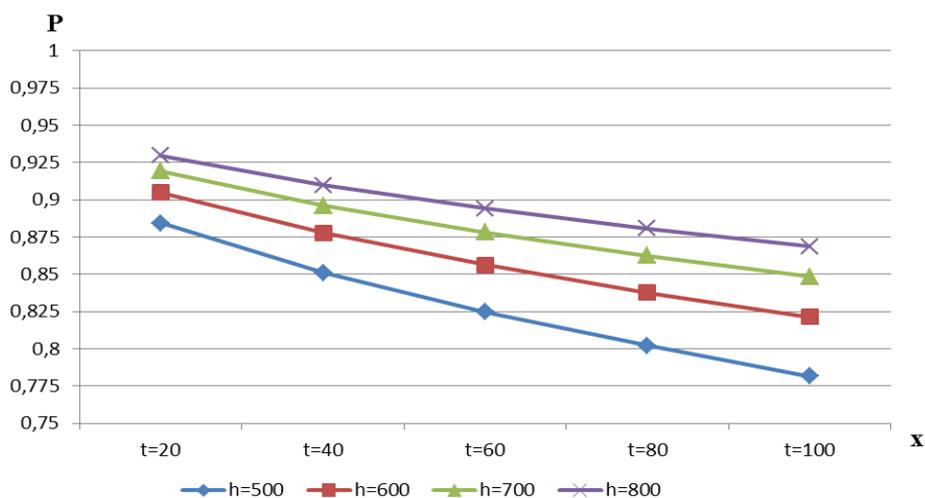


Рисунок 1. Динамика перераспределения давления в пласте при различных значениях ширины пласта

Когда отбор флюидов происходит внутри области фильтрации, наблюдается симметричный перепад давления относительно местонахождения скважин.

Вычислительные эксперименты проведены при различных значениях дебитов скважин. Согласно кривым на рисунке 2, давление в фильтрационной области пропорционально уменьшается в зависимости от роста дебитов скважин.

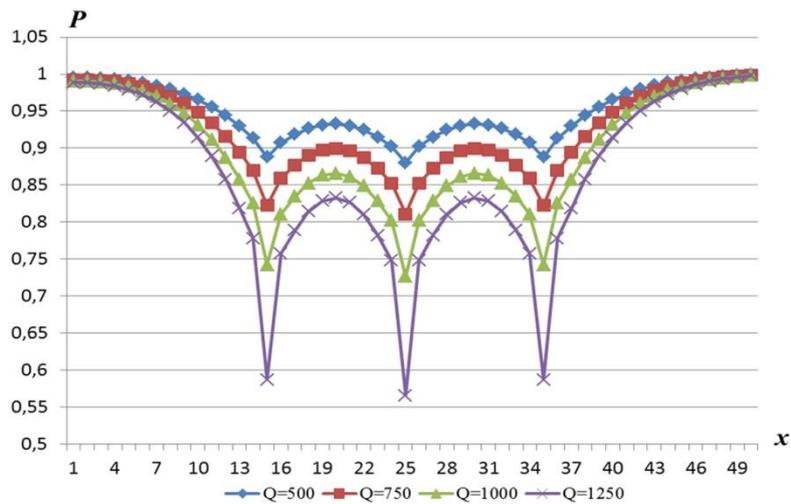


Рисунок 2. Перераспределение давления в пласте при различных значениях дебитов в скважинах ( $\tau=100$  сут.)

Анализ результатов проведенных численных экспериментов показывает, что при одинаковой интенсивности добычи падение давления на скважине быстрее при фильтрации нефти, чем при фильтрации с газом, а при рассмотрении в условиях наличия газа в составе нефти увеличивается текучесть смеси. Скорость падения давления на галерее при больших вязкостях нефти всё быстрее по времени, а при небольших вязкостях нефти – сначала быстрее, достигая некоторого небольшого значения, затем начинает падать.

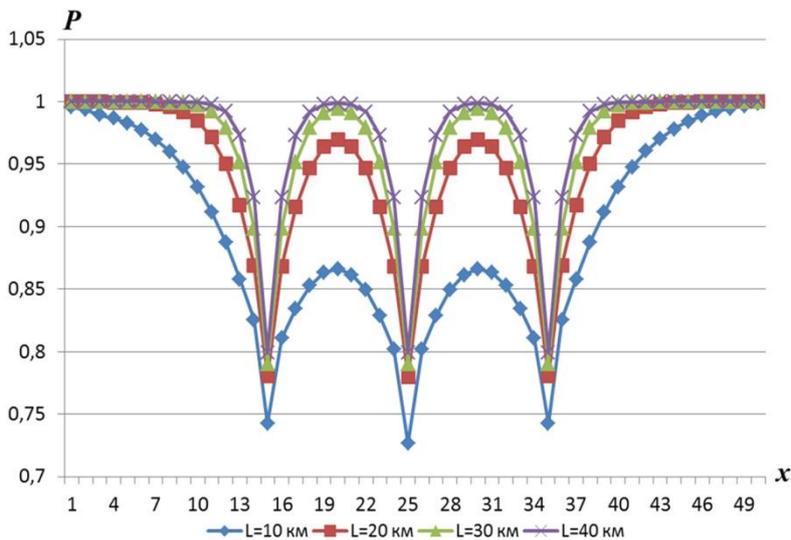


Рисунок 3. Перераспределение давления в пласте при различных значениях длины пласта ( $\tau=100$  сут.)

В целом можно отметить, что динамика перераспределения давления пласта существенно зависит от мощности пласта. С увеличением мощности пласта давление в скважине и соседних точках уменьшается. А время эксплуатации продуктивного пласта (рисунок 3) существенно зависит от его длины, мощности, числа скважин и их дебитов.

## Выводы

Разработанная программа и реализованный в ней математический аппарат могут быть использованы специалистами организаций, осуществляющих добычу углеводородов, с целью повышения эффективности работы месторождений.

## Литература

1. Ложкин М.Г. Модель относительных фазовых проницаемостей для вытеснения газа конденсатом и водой и вытеснения нефти водой и газом // Экспозиция нефть газ. – Набережные Челны, 2015. – № 1 (40). – С. 39-41.
2. Кутрунов В.Н., Падин Е.А. Математическая модель процесса вытеснения нефти водогазовой смесью // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – Тюмень, 2015. – Т. 1, № 2 (2). – С. 163-172.
3. Ravshanov N., Kurbonov N., Mukhamadiev A. An Approximate Analytical Solution of the Problem of Fluid Filtration in the Multilayer Porous Medium // International Journal of Computational Methods. – 2016. – Vol. 13, №6. – 1650042 [10 pages] DOI: <https://is.gd/vksk34>
4. Ravshanov N., Kurbonov N.M. Computational experiment for analysis of main parameters of the gas filtration process in porous medium // American Journal of Mathematical and Computational Sciences. – 2016. – № 1(1). – Pp. 29-36.
5. Равшанов Н., Курбонов Н.М. Компьютерное моделирование процесса фильтрации флюидов в пористых средах // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. – Челябинск, 2015. – Т. 4, №2. С. 89-106. DOI: <https://is.gd/AAQL4K>
6. Kurbonov N.M., Saliev E.A. Computer experiment to study of filtration oil, gas and water in a porous medium // Problems of computational and applied mathematics. – Tashkent, 2016. – №1(3). – Pp. 13-22.

УДК 004.942

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ САМОПОДОБИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА

### ASSESSMENT OF SELF-SIMILARITY DEGREE OF NETWORK TRAFFIC

Черниговский А.В., Кривов М.В.,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
г. Ангарск, Российская Федерация

A.V. Chernigovskiy, M.V. Krivov,  
FSFEE HE “Angarsk State Technical University”, Angarsk, Russian Federation

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

**Аннотация.** В рамках данной работы были проведены исследования сетевого трафика различных типов с целью определения степени его самоподобия. В качестве объекта исследования был выбран трафик, полученный при передаче потокового видео, YouTube-контента и их комбинации. Отдельный интерес представлял собой трафик

комбинированного типа, содержащий в своем составе различные виды данных, а также трафик, полученный при работе торрент-клиента.

Проведенные исследования показали, что для видео- и торрент-данных характерно наличие медленно убывающей зависимости между передаваемыми пакетами данных, а для YouTube-трафика зависимость носит более кратковременный характер. При этом было выявлено, что на характер зависимости для трафика смешанного типа оказывают влияние не только виды передаваемой информации, но и их соотношение.

Оценка степени самоподобия с помощью параметра Херста, рассчитанного R/S-методом, показала, что видео-, торрент- и комбинированный трафик могут считаться самоподобными, в то время, как у YouTube-данных свойство самоподобности отсутствует, что согласуется с предыдущими исследованиями. При этом на степень самоподобия также оказывают влияние типы трафика и их соотношение в общем потоке данных.

**Abstract.** Various types of network traffic were studied to determine the degree of its self-similarity. Traffic received during the transmission of streaming video, YouTube-content and their combination was selected as the object of the study. The traffic of the combined type, containing various types of data in its composition, and traffic received during the work of the torrent client were studied separately.

Results shows that video and torrent data are characterized by a long-range dependence between the transmitted data packets, while YouTube-traffic is characterized by a short-range dependence. At the same time, it was revealed that the nature of dependencies for the mixed type of traffic is influenced by the types of information transmitted and by their ratio.

Degree of self-similarity was estimated using the Hurst parameter calculated by the R/S method. It was shown that video, torrent and combined traffic could be considered as a self-similar, while YouTube-traffic is not a self-similar, what is consistent with previous research. At the same time, the types of traffic and their ratio in the general data flow also influence the degree of self-similarity.

**Ключевые слова:** сетевой трафик, математическое моделирование, самоподобные процессы, параметр Херста, медленно убывающая зависимость.

**Keywords:** network traffic, mathematic modeling, self-similar processes, Hurst parameter, long-range dependence.

Современное состояние компьютерных сетей определяется, прежде всего, объемами передаваемых данных и протоколами их передачи. Так, на заре возникновения информационных технологий, с помощью компьютерных сетей передавались данные небольшого объема. При этом, как следствие, загруженность сети была невысокой. С развитием IT-сферы происходило наращивание не только ширины канала, но и объемов передаваемых данных. Возможности сетей также расширились.

Одновременно с развитием сетевых технологий в области математического моделирования решались вопросы о составлении математического описания наблюдаемых явлений и процессов. И формирование моделей трафика претерпело с тех пор значительные изменения. Так, например, с появлением теории массового обслуживания были попытки представить сетевой трафик, как стохастический процесс, где величина передаваемого пакета данных зависела от времени работы сети, а ее распределение подчинялось закону Пуассона.

Однако с увеличением сетевой активности было выявлено, что данная модель характеризуется низкой прогностической мощностью. Более того, дальнейшие исследования показали, что в большинстве случаев–распределение скорости передачи данных для подобного трафика имеет «тяжелый хвост» и достаточно хорошо описывается моделями Парето и Вейбулла [1, 2].

С появлением теории самоподобия, предложенной авторами [3], было доказано, что сетевой трафик имеет фрактальную структуру, т.е. является самоподобным. Однако в подобных работах объектом исследования являлся трафик сети в целом, а вопрос о самоподобности отдельных видов трафика и о влиянии их соотношения в общем объеме трафика на степень его самоподобия остается открытым.

Целью данной работы являлось исследование и оценка степени самоподобия для сетевого трафика различных типов.

Данные для исследования были собраны в сети Ангарского государственного технического университета. Объектом исследования был трафик передачи отдельных типов данных, а также комбинированный трафик, характеризующий работу сети в целом и включающий данные различных типов. При этом, трафик YouTube рассматривался отдельно от трафика, собранного при передаче потокового видео, ввиду различия в протоколах передачи данных таких типов. Дополнительно был изучен трафик пиринговых сетей (torrent).

Сбор информации осуществлялся путем отзеркаливания данных, поступающих со стекируемых центральных коммутаторов, на отдельный порт, откуда осуществлялась их передача на компьютер с работающим анализатором трафика WireShark. Далее производилась группировка полученной информации по типу трафика либо по отдельным ПК. Полученные таким образом данные обрабатывались в пакете прикладных программ Matlab согласно методике [4].

С учетом неэквидистантности возникновения запросов пользователей производилась группировка передаваемых данных по уровням агрегации, равным 0,1 с, 0,5 с, 1 с, 5 с. Затем, на основе полученных результатов об объеме пакетов, рассчитывались значения скорости передачи данных (в Байт/с) с целью их дальнейшего сравнения.

Одним из основных признаков самоподобия является наличие зависимости между ближайшими членами временного ряда. Поэтому для оценки степени взаимозависимости членов ряда между собой был проведен расчет автокорреляционной функции (АКФ). Результаты приведены на рисунке 1.

Из рисунка видно, что наличие взаимозависимости между членами одного ряда имеет место для всех изучаемых видов трафика. Однако для YouTube-данных и смешанного трафика значение АКФ приближается к нулю уже на 14-18 шаге временной задержки, что может свидетельствовать о кратковременной зависимости между членами этих рядов данных. При этом можно заметить, что несмотря на то, что видео-трафик характеризуется более долговременной зависимостью, для трафика смешанного типа зависимость носит более кратковременный характер, но характеризуется более высокими значениями автокорреляционной функции по сравнению с YouTube-трафиком. В свою очередь, при передаче торрент-данных и трафика комбинированного типа наблюдается более долговременная зависимость между членами одного ряда.

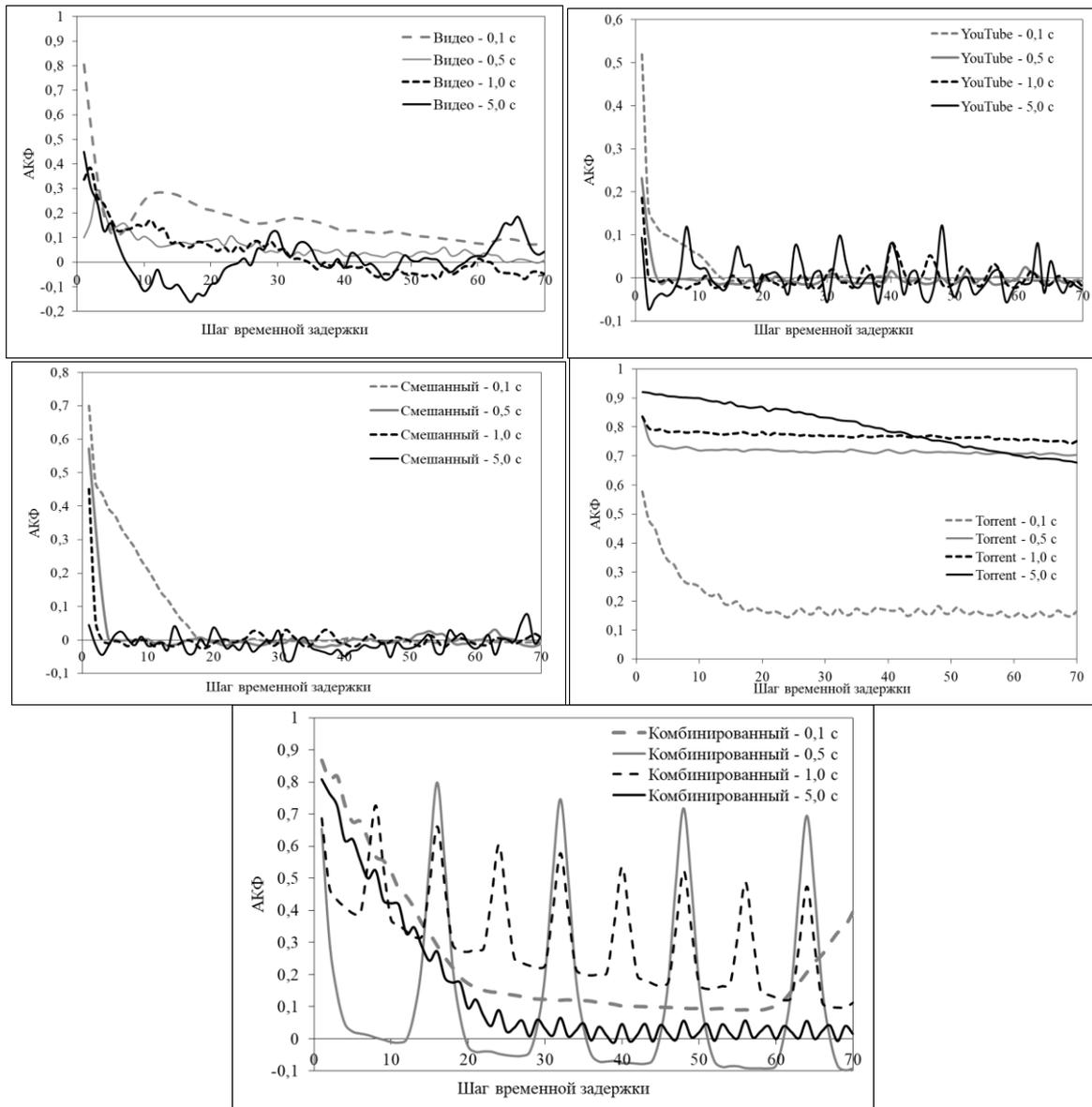


Рисунок 1. Автокорреляционная функция для различных типов трафика при различных уровнях агрегации

Интересно отметить, что АКФ для трафика комбинированного типа имеет выраженный период колебаний, равный 8 с. При этом интенсивность колебаний снижается с увеличением уровня агрегации, что может быть связано с усреднением получающихся значений скорости передачи данных. Таким образом, можно предположить, что независимо от типа передаваемых данных наблюдается наличие автокорреляции, а ее степень зависит от состава и соотношения передаваемых данных.

Еще одним признаком самоподобия является наличие медленно убывающей зависимости (МУЗ) между членами ряда данных, которая хорошо описывается степенной функцией. Однако если АКФ хорошо описывается экспоненциальной функцией, то говорят о быстро убывающей зависимости (БУЗ). Оценка АКФ производилась с помощью показателя LRD, который рассчитывался как отношение дисперсий разностей фактического значения АКФ и расчетного, полученного для степенной и экспоненциальной моделей соответственно. Данное отношение должно быть меньше 1 для МУЗ и больше 1 для БУЗ. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения показателя LRD для определения типа зависимости при различных уровнях агрегации

Тип передаваемых данных		Видео	YouTube	Смешанный тип (Видео+YouTube)	Торрент	Комбинированный тип
Уровень агрегации, с	0,1	0,5301	0,9569	0,8997	0,5530	2,1730
	0,5	0,4724	0,8801	0,9158	0,9309	0,9935
	1	0,9045	0,9784	0,9675	0,9563	0,6384
	5	0,6632	0,9113	0,9833	0,6942	34,8391

Из таблицы видно, что в целом для всех типов трафика характерно наличие МУЗ. При этом можно отметить, что скорость убывания АКФ для трафика комбинированного типа крайне низка, а сама функция носит периодический характер, что снижает надежность получаемых моделей аппроксимации, и, как следствие, ухудшает точность проводимой оценки.

В качестве степени самоподобия рядов данных часто используется параметр Херста [5]. Считается, что если его значения находятся в диапазоне от 0,5 до 1, то процесс можно считать самоподобным. В противном случае, когда его значения попадают в диапазон от 0 до 0,5, процесс несамоподобен. Поэтому следующим этапом исследований стал расчет параметра Херста методом R/S (таблица 2).

Таблица 2 – Значение параметра Херста для различных типов трафика

Тип передаваемых данных		Видео	YouTube	Смешанный (Видео+YouTube)	Торрент	Комбинированный тип
Уровень агрегации, с	0,1	0,7528	0,2891	0,4586	0,8057	0,8251
	0,5	0,7590	0,3365	0,4543	0,9398	0,8059
	1	0,7602	0,3342	0,4532	0,9429	0,8055
	5	0,8413	0,3823	0,5016	0,9698	0,8265

Полученные результаты свидетельствуют о том, что трафик передачи видео, торрент-данных и трафик комбинированного типа являются самоподобными. В отличие от них, YouTube-трафик не обладает свойством самоподобия, что согласуется с предыдущими выводами. Однако можно заметить, что для трафика смешанного типа значение показателя Херста находится в диапазоне между его значениями для «чистых» типов трафика. Это позволяет сделать вывод о том, что степень самоподобия зависит не только от типа передаваемых данных, но и от их соотношения.

## Выводы

Проведенные нами исследования свидетельствуют о том, что для любого типа сетевого трафика характерно наличие зависимости между передаваемыми пакетами данных. Для большинства типов трафика она носит долговременный характер и может считаться медленно убывающей.

Оценка степени самоподобия трафика с помощью параметра Херста показывает, что видео-, торрент- и комбинированный трафик являются самоподобными процессами, а степень самоподобия напрямую зависит от типа передаваемых данных и их соотношения в общем объеме трафика.

## Литература

1. Черниговский А.В., Кривов М.В. Подбор математической модели сетевого трафика // Современные технологии и научно-технический прогресс: Межвузовская научн. конф.: Тез. докл. – Ангарск: ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет». – 2018. – С. 90-91.
2. Симонина О.А. Модели расчета показателей QoS в сетях следующего поколения: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.12.13 / Симонина Ольга Александровна. – СПб, 2005. – 20 с.
3. Leland W.E., Taqqu M.S., Wilinger W., Wilson D.V. On the self-similar nature of Ethernet traffic // IEEE/ACM Transactions on networking. – 1994. – Vol. 2. – №1. – P. 1-15.
4. Петров В.В. Статистический анализ сетевого трафика. – 2003. – 47 с.
5. Воробьев О.В., Можаяев А.А., Осколков А.П. Анализ моделей описания трафика // Наука і техніка Повітряних сил збройних сил України. – 2014. – № 2(15). – С. 170-172.

УДК 004.85

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

### DEVELOPMENT OF A SPEECH RECOGNITION SYSTEM ON THE BASIS OF A NEURAL NETWORK

Кусков И.Э.,

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева»  
г. Красноярск, Российская Федерация

I.E. Kuskov,

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
Krasnoyarsk, Russian Federation

e-mail: kuskov.info@gmail.com

**Аннотация.** Использование алгоритмов машинного обучения для распознавания образов в настоящее время достаточно эффективно применяются во многих сферах жизни, от распознавания лиц, речи и голоса, использования голосовых ассистентов в повседневной жизни до реализации беспилотных транспортных средств. В данной статье рассматривается простой способ реализации системы распознавания речи на основе мел-частотных кепстральных коэффициентов (MFCC) и многослойной нейронной сети (MLP). Приведено описание мел-частотных кепстральных коэффициентов, с точки зрения реализации и процесса их извлечения. Также в данной статье обоснован выбор многослойной нейронной сети с алгоритмом обучения обратного распространения ошибки в качестве метода распознавания речи, приведена структура нейронной сети, которая была использована при реализации данной системы, а также описан процесс адаптации речевых признаков MFCC для нейронной сети с помощью алгоритма К-средних, в виду ограничений, связанных с различной длительностью высказываний. Описаны основные этапы проектирования и разработки

системы, приведены блок-схемы работы в режиме обучения и распознавания. Проведены экспериментальные исследования разработанной системы с различными параметрами нейронной сети и сделаны выводы об ее работоспособности.

**Abstract.** The use of machine learning algorithms for pattern recognition is currently being used quite effectively in many areas of life, from face recognition, speech and voice, the use of voice assistants in everyday life to the implementation of unmanned vehicles. This research described a simple way to implement a speech recognition system based on mel-frequency cepstral coefficients (MFCC) and multi-layer neural network (MLP). A description of the mel-frequency cepstral coefficients is given, from the point of view of implementation and the process of their extraction. This research described also substantiates the choice of a multilayer neural network as a speech recognition method, describes the process of adapting the MFCC speech features for a neural network using the K-means algorithm, due to limitations associated with different length of signals. Describes the main stages of design and development of the system, the scheme of work in the mode of learning and recognition. Experimental studies of the developed system with various parameters of the neural network were carried out and conclusions were drawn about its efficiency.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, многослойный перцептрон, распознавание речи, мел.

**Keywords:** neural network, multilayer perceptron, speech recognition, mfcc, mlp.

Развитие технологий распознавания речи значительно продвинулось за последние несколько лет. Системы распознавания речи находят применение в программно-аппаратных комплексах автоматизации жилых или коммерческих зданий, в виртуальных голосовых ассистентах, а также в системах безопасности банковских структур. Однако разработка и проектирование систем распознавания речи достаточно трудоемкий процесс, поэтому необходимо его рассмотреть.

Важным этапом разработки систем распознавания речи является выбор и выделение признаков речевых сигналов, так как с их помощью система будет обучаться и распознавать речь. Признаки речевых сигналов – это некоторые характеристики, которые извлекаются из предварительно обработанной речи и могут использоваться для представления всего речевого сигнала. Во многих исследованиях предложены два набора признаков, состоящих из спектральных и просодических признаков. В них отмечают, что спектральные характеристики, такие как коэффициенты линейного предсказания, кепстральные коэффициенты и их производные, эффективнее, чем просодические, такие как частота основного тона, частота формантов речи и энергия речи [2-4]. Основными причинами являются легкость извлечения и их согласованность.

После выделения признаки используются в методах распознавания речи. В качестве методов распознавания предлагается множество методов и алгоритмов: нелинейные методы динамического программирования с выравниванием по времени (DynamicTimeWarping (DTW) [1,3]), векторное квантование (VQ) [8], искусственная нейронная сеть (ANN) [7], и скрытые марковские модели (HMM) [1,4]. Эффективность тех или иных методов зависит от различных факторов и параметров. Система распознавания речи может быть смоделирована, как показано на рисунке 1.

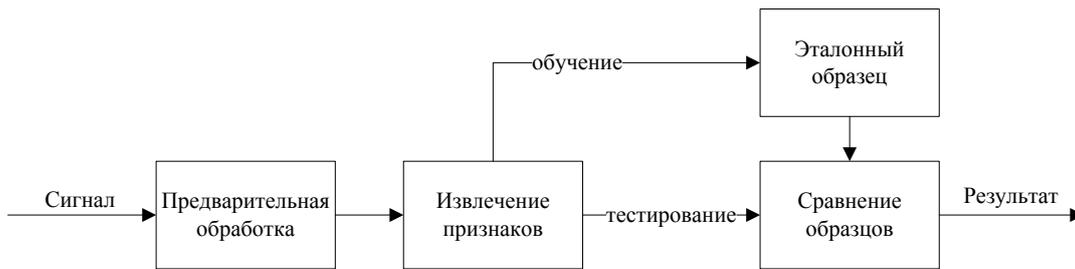


Рисунок 1. Блок-схема модели системы распознавания речи

На этапе предварительной обработки, к речевому сигналу применяются различные фильтры и алгоритмы для шумоподавления, после чего выполняется определение границ участков речи и нормирование сигнала по времени, затем извлекаются признаки.

В качестве признаков были выбраны MFCC, так как они просты в реализации и эффективно себя показывают в задачах распознавания речи и дикторов [1]. Процесс получения MFCC несложен и состоит из нескольких этапов [9]. Так как речевой сигнал не является стационарным на всем его протяжении, он рассматривается на небольшом временном интервале, в этом случае его можно считать стационарным. Поэтому для дальнейшей работы сигнал разбивают на окна шириной около 20-30 мс, и в целях избегания искажений на стыках двух кадров после дискретного преобразования используют перекрытие с шириной около 10 мс. После этого к сигналу применяют оконное преобразование Фурье, где в качестве окна применяют окно Хэмминга. Полученный спектр переводят в мел-частотную область, после чего значения логарифмируются. Заключительным этапом является дискретное косинусное преобразование. Количество коэффициентов на практике, как правило, равно 12. Процесс извлечения MFCC признаков представлен на рисунке 2.

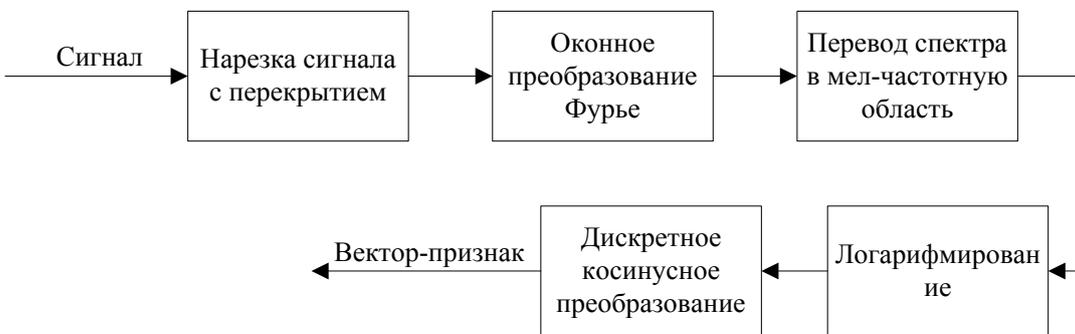


Рисунок 2. Процесс извлечения MFCC

Полученные векторы проходят через алгоритм обучения. В качестве классификатора было решено использовать многослойную нейронную сеть с алгоритмом обратного распространения ошибки для обучения [5, 6], так как она успешно применяется ко многим задачам распознавания образов [7].

Структура нейронной сети представляет собой 4 слоя, как показано на рисунке 3, входной слой, выходной слой, два скрытых слоя. На входной слой подаются признаки речевого сигнала, представляющих определенное слово, далее 2-3 скрытых слоя и выходной слой, который представляет собой вектор, представляющий распределение вероятностей распознанных слов.

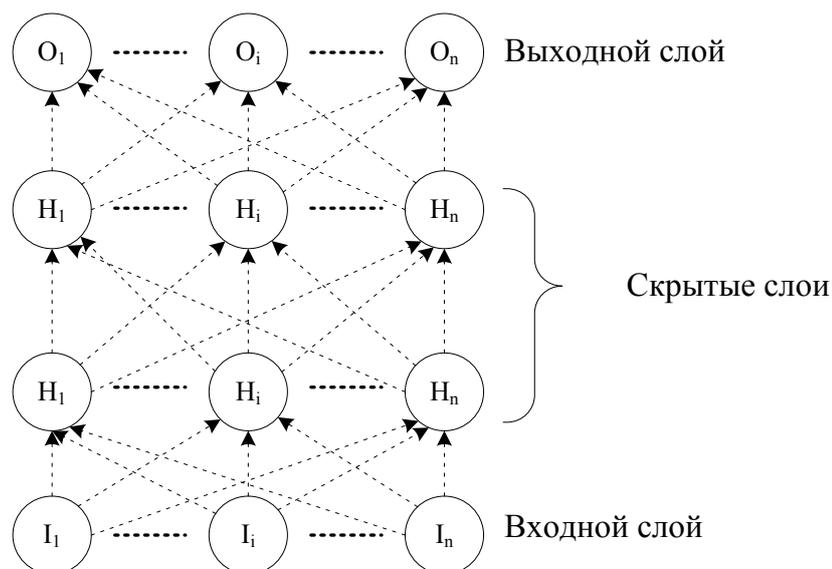


Рисунок 3. Структура многослойного перцептрона

На рисунке 4 показана работа системы распознавания в речи в режиме обучения и распознавания.

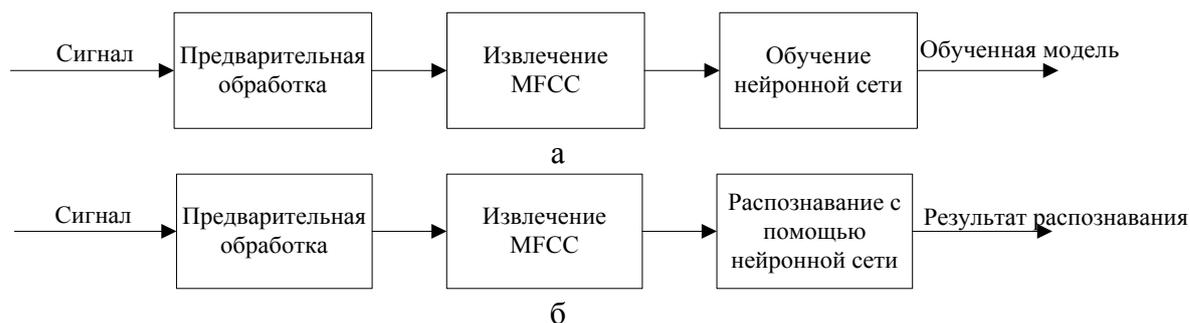


Рисунок 4. Работа системы распознавания речи (а) в режиме обучения и (б) в режиме распознавания

При разработке данной системы возникло ограничение в виде различной длительности произношения слова или высказывания, соответственно вектор-признак для каждого файла будет различной длины. Это ограничение обусловлено тем, что многослойный перцептрон применим для векторов фиксированной размерности.

Для того чтобы получить вектор фиксированной размерности, предлагается следующий подход: находить центры «сгущений» распределения векторов признаков и в качестве результирующего вектора брать конкатенацию этих центров. При этом в качестве начального значения необходимо использовать результирующий вектор, полученный на векторах всей базы обучения [10].

Для исследования на многослойном перцептроне были созданы нейронные сети с различными параметрами. Результат тестирования представлен в таблицах 1-3. В таблицах выделен процент распознавания, который больше 70%.

Параметры нейронной сети №1: обучающая выборка: 50 файлов, тестовая 10 файлов, количество входных нейронов: 130, выходных: 10, скрытых слоев 2, слой 1: 25 нейронов, слой 2: 25 нейронов.

Таблица 1 – Результаты тестирования нейронной сети №1

Файл	Один	Два	Три	Четыре	Пять	Шесть	Семь	Восемь	Девять	Десять
Один	<b>98,9</b>	0,5	4,7	1,4	2	0,5	3,6	2,3	2	1,2
Два	49,8	<b>97,5</b>	66,7	11,8	44,3	52,4	17,3	12,1	12,9	65,5
Три	3,8	8,2	<b>98,4</b>	1,3	11,5	0,1	3	0,8	9,7	11,4
Четыре	3,3	13,8	22,7	<b>99</b>	15,1	15,1	13,6	11,5	44,4	0,9
Пять	15,4	18,3	40,9	16,5	<b>82,4</b>	44,2	21,6	56,6	<b>92</b>	19,4
Шесть	1,2	1,2	0,7	1	1,5	<b>98,8</b>	0,9	0,7	1,2	0,6
Семь	1,6	1,6	1	4,4	3,8	4	<b>99</b>	1,6	4,4	0,2
Восемь	33,4	61,9	20,8	15,9	25,5	<b>79,5</b>	17,5	<b>88,3</b>	<b>95,4</b>	27,5
Девять	0,4	5,4	0,4	2	10,2	5,8	<b>98,8</b>	13,1	10,5	0,3
Десять	3,3	0,4	20,1	4,7	29,4	14,2	1,9	16,5	4,3	<b>98,1</b>

Параметры нейронной сети №2: обучающая выборка: 50 файлов, тестовая 10 файлов, количество входных нейронов: 130, выходных: 10, скрытых слоев 2, слой 1: 20 нейронов, слой 2: 20 нейронов.

Таблица 2 – Результаты тестирования нейронной сети №2

Файл	Один	Два	Три	Четыре	Пять	Шесть	Семь	Восемь	Девять	Десять
Один	<b>96,7</b>	22,2	20,6	7,8	5,2	6,1	6	11,1	28,3	50,1
Два	21,4	<b>95,1</b>	69,6	20,1	26,6	40,6	10,7	1	48,7	15,9
Три	0,9	5,1	<b>97,8</b>	0,4	5,6	0,1	4,5	1,6	2	2,6
Четыре	3	9,3	2	<b>98,2</b>	0,4	9,4	25	0,9	10,4	3,7
Пять	20,7	15,8	3,3	5	<b>79,4</b>	54,1	78,9	7,6	1,4	4,7
Шесть	4,3	4,7	2,5	0,6	1,6	<b>97,8</b>	12	1,1	0,8	0,2
Семь	0,4	24,2	5,5	51,5	27,8	51,5	<b>99,4</b>	23,4	1,5	6,8
Восемь	42	62,7	15,2	37,1	6,6	26,7	9,2	<b>89,1</b>	54,8	5,9
Девять	11	47,9	36,6	25,9	43,8	23,7	8,9	29,9	<b>97</b>	15,2
Десять	1	0,4	8,3	1	3,4	0,9	7,9	0,3	4	<b>98,2</b>

Параметры нейронной сети №3: обучающая выборка: 30 файлов, тестовая выборка: 30 файлов, количество входных нейронов: 130, выходных: 10, скрытых слоев 2, слой 1: 50 нейронов, слой 2: 25 нейронов.

Таблица 3 – Результаты тестирования нейронной сети №3

Файл	Один	Два	Три	Четыре	Пять	Шесть	Семь	Восемь	Девять	Десять
Один	<b>98,4</b>	0,9	1,7	0,4	2,6	0,3	3,7	0,4	3,3	7,7
Два	3,4	<b>96,7</b>	57,8	6,5	23,1	16,7	6,4	43,7	34,4	1,6
Три	0,4	13,5	<b>97,5</b>	11,1	9,6	1,1	2,9	1,2	13,5	6,6
Четыре	4,4	2,2	15,6	<b>98</b>	1	4,6	0,7	3,4	4,5	0,4
Пять	8,6	17,5	72,2	12,6	<b>92,7</b>	13,6	1,1	37,1	37,8	17,6
Шесть	0,5	21,4	21	7,2	34,3	<b>96,7</b>	2,3	48,4	57,8	5,8
Семь	2,4	11,1	22,8	1,6	7,7	9	<b>97,8</b>	9	2,9	1,9
Восемь	1,5	24,8	29	2,9	9,8	9,1	6,1	<b>96,9</b>	26,9	2,1
Девять	6,3	9,4	12,2	6,4	9,6	6,9	6,1	0,4	<b>96,7</b>	7,4
Десять	2,9	0,5	6,8	1,8	3,6	5,9	2,8	17,7	28,7	<b>97,9</b>

## Выводы

На основании результатов эксперимента можно сделать выводы, что система в большинстве случаев распознает правильно, хотя в первом эксперименте были ошибки при распознавании слов «семь» и «девять». Далее при уменьшении объема обучающей выборки качество распознавания не снижается, но растет с увеличением числа нейронов на скрытых слоях. Таким образом, мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC) и многослойная нейронная сеть с алгоритмом обратного распространения ошибки подходят для проектирования систем распознавания речи.

## Литература

1. J.P. Campbell, Jr. Prolog to Speaker Recognition: A Tutorial / Proceedings of IEEE, Vol. 85, No. 9, p. 1436-1462, September 1997.
2. R.J. Mammone, X. Zhang, R.P. Ramachandran, "Robust Speaker Recognition, A Feature-based Approach", IEEE Signal Processing Magazine, p. 58-71, September 1996.
3. G.R. Coddington, "Speaker Recognition-Identifying People by their Voices", Proceedings of IEEE, Vol. 73, No. 11, p. 1651-1663, November 1985.
4. S. Furui, "Digital Speech Processing, Synthesis, and Recognition", New York and Basel: Marcel Dekker, Inc, 1989.
5. L. Fausette, "Fundamentals of Neural Networks-Architecture, Algorithm, and Applications", Prentice-Hall, 1994.
6. SNNS (Stuttgart Neural Network Simulator) User Manual, Version 4.1, University of Stuttgart, Institute for Parallel and Distributed High Performance Systems (IPVR), Report No. 6/95.
7. Y. Yan, M. Fanty, and R. Cole, "Speech Recognition Using Neural Networks with Forward-backward Probability Generated Targets», Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Munich, April 1997.
8. F.K. Soong, A.E. Rosenberg, L.R. Rabiner, and B.H. Juang, "A Vector Quantization Approach to Speaker Recognition", Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, p. 387-390, 1985.
9. Practical Cryptography [Электронный ресурс]: Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) tutorial. – Режим доступа: <https://is.gd/o3xb34>
10. И.Э. Кусков «Алгоритм сокращения размерности векторов-признаков в системах распознавания речи», Материалы XXII Международной научной конференции «Решетневские чтения» – г. Красноярск: СибГУ, 2018, том 2, – С. 241–242.

УДК 004.9

**ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ****OVERVIEW OF MODERN INFORMATION SYSTEMS  
FOR MODELING COMPOSITE MATERIALS**

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

Ivanov K.A., Fedorov S.V.,  
FSBEI of HE "Orenburg State University" (Kumertau branch of OSU), Kumertau, Russia

e-mail: proinfosystem@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются композиционные материалы как объект моделирования, в которых под воздействием рецептурно-технологических факторов и технологических отклонений протекают динамические процессы формирования структуры и эксплуатационных свойств композита. Исследование композиционных материалов включают математическое моделирование двух процессов, составляющих два взаимосвязанных цикла: технологический и эксплуатационный. Компьютерное моделирование технологических процессов и элементов автоматизированных систем производства композитов в сочетании с физическими экспериментами обеспечивает проведение как учебных, так и научных исследований, позволяет решать задачи отладки и исследование элементов производственных систем. В ходе сравнительного анализа рассмотрены программные комплексы: MS Excel с дополнением XLSTAT-Pro, SPSS, STATA, STATISTICA, JMR, SYSTAT, NCSS, MINITAB, VisSim; Simulink (MATLAB), SystemBuild (MATRIXx), MathCAD, Anylogic (Model Vision Studium), MBTY, 20-sin, ITI-SIM, DyMoLa, SIMPLORER, DYNAST, hAMSter, Easy5, DASE Spartan '04, которые изначально ориентированы на представление систем частиц и для расчёта в реальном времени характеристик систем частиц, используемых в процессе визуализации специальных эффектов. Показано, что моделирование структуры и эксплуатационных свойств вычислительными методами с последующей визуализацией результатов требует разработки комплекса программ, обеспечивающего повышение эффективности моделирования на базе комплексных методов и принятой методологии.

**Abstract.** This article discusses composite materials as an object of modeling, in which dynamic processes of formation of the structure and operational properties of a composite take place under the influence of prescription-technological factors and technological deviations. The study of composite materials includes mathematical modeling of two processes that make up two interrelated cycles: technological and operational. Computer simulation of technological processes and elements of automated systems for the production of composites in combination with physical experiments provides both educational and scientific research, allows to solve the problem of debugging and research elements of production systems. In the course of a comparative analysis, the following software packages were considered: MS Excel с дополнением XLSTAT-Pro, SPSS, STATA, STATISTICA,

JMR, SYSTAT, NCSS, MINITAB, VisSim; Simulink (MATLAB), SystemBuild (MATRIXx), MathCAD, Anylogic (Model Vision Studium), MBTY, 20-sin, ITI-SIM, DyMoLa, SIMPLORER, DYNAST, hAMSter, Easy5, DASE Spartan '04, which initially focused on the representation of particle systems and for calculating in real time the characteristics of the particle systems used in the process of visualizing special effects. It is shown that the modeling of the structure and operational properties of computational methods, followed by visualization of the results requires the development of a set of programs that will increase the efficiency of modeling based on complex methods and adopted methodology.

**Ключевые слова:** MATLAB, MS Excel, SPSS, Stata, Statistica, Minitab, VisSim, MathCAD.

**Keywords:** MATLAB, MS Excel, SPSS, Stata, Statistica, Minitab, VisSim, MathCAD.

Как объект моделирования композиционные материалы (КМ) представляет собой сложную техническую систему взаимосвязанных элементов, в которой под воздействием рецептурно-технологических факторов и технологических отклонений протекают динамические процессы формирования структуры и эксплуатационных свойств композита.

Математическое моделирование композитов проводится с целью решения задач управления формированием структуры и достижения заданных эксплуатационных свойств композита, уточнения механизма явлений, протекающих в процессе формирования композита, исследования, испытаний и наладки автоматизированных систем производства композитов (АСПК). Исследование КМ включают математическое моделирование двух процессов, составляющих два взаимосвязанных цикла: технологический и эксплуатационный. Компьютерное моделирование технологических процессов и элементов АСПК в сочетании с физическими экспериментами обеспечивает проведение как учебных, так и научных исследований, позволяет решать задачи отладки и исследование элементов производственных систем.

Проведенный анализ объекта моделирования показывает, что, с одной стороны, следует рассматривать КМ как сложную систему, параметры которой определяются эксплуатационными свойствами, характеризующими КМ как единое целое, и которые, в свою очередь, зависят от структуры композита, формируемой на основе внутренних механизмов структурообразования и деструкции КМ. Это обуславливает необходимость моделирования композита с применением как конечномерных (с сосредоточенными параметрами) так и бесконечных (с распределёнными параметрами) математических моделей. С другой стороны, все процессы формирования эксплуатационных свойств КМ протекают во времени, что определяет необходимость рассмотрения КМ как управляемой динамической системы на базе математических моделей «вход–выход» и «вход–состояние–выход» (в пространстве состояний). В результате анализа существующих методов математического моделирования в основу математического моделирования КМ положены методы моделирования в пространстве состояний с прямой причинно-следственной связью.

В ходе сравнительного анализа рассмотрены программные комплексы: MS Excel с дополнением XLSTAT-Pro, SPSS, STATA, STATISTICA, JMR, SYSTAT, NCSS, MINITAB, VisSim; Simulink (MATLAB), SystemBuild (MATRIXx), MathCAD, Anylogic (Model Vision Studium), MBTY, 20-sin, ITI-SIM, DyMoLa, SIMPLORER, DYNAST, hAMSter, Easy5, DASE Spartan '04 и др., которые изначально ориентированы на

представление систем частиц и для расчёта в реальном времени характеристик систем частиц, используемых в процессе визуализации специальных эффектов. Моделирование структуры и эксплуатационных свойств вычислительными методами с последующей визуализацией результатов требует разработки комплекса программ, обеспечивающего повышение эффективности моделирования на базе комплексных методов и принятой методологии. [1].

## **MATLAB**

Достоинства:

1. «Элегантная поддержка матриц»;
2. Удобный графический интерфейс;
3. Простота в работе.

Недостатки:

1. Дороговизна лицензий;
2. Неполная поддержка статистических функций;
3. Его слабость в части интеграции заставляет осваивать другие языки программирования (JAVA, C++), когда стоит задача создания системы прогнозирования.
4. Нельзя анализировать громадные массивы данных (таблицы более 8 млн. строк).

## **MS Excel**

Достоинства:

1. Популярность;
2. Удобный интерфейс;
3. Простота освоения.

Недостатки:

1. Отсутствие какой-либо гибкости;
2. Ограниченный набор функций для анализа данных;
3. Наличие ограничений на количество строк в таблицах.

## **SPSS**

Достоинства:

1. Удобный графический интерфейс;
2. Ориентация на социальных науки.

Недостатки:

1. Дороговизна лицензий;
2. Отсутствие гибкости в расчетах.

## **Stata**

Достоинства:

1. Все достоинства SPSS;
2. Более низкая цена чем у SPSS.

Недостатки:

1. Довольно узкая специализация [2].

## Statistica

### Достоинства:

1. Содержит полный набор классических методов анализа данных: от основных методов статистики до продвинутых методов, что позволяет гибко организовать анализ;
2. Является средством построения приложений в конкретных областях;
3. В комплект поставки входят специально подобранные примеры, позволяющие систематически осваивать методы анализа;
4. Отвечает всем стандартам Windows, что позволяет сделать анализ высокоинтерактивным;
5. Система может быть интегрирована в Интернет;
6. Поддерживает web-форматы: HTML, JPEG, PNG;
7. Легка в освоении, и как показывает опыт, пользователи из всех областей применения быстро осваивают систему;
8. Данные системы STATISTICA легко конвертировать в различные базы данных и электронные таблицы;
9. Поддерживает высококачественную графику, позволяющую эффективно визуализировать данные и проводить графический анализ;
10. Является открытой системой: содержит языки программирования, которые позволяют расширять систему, запускать ее из других Windows-приложений, например, из Excel [3].

### Недостатки:

1. Обилие кнопочек и настроек усложняет освоение пакета.
2. Возможность параллельной обработки нескольких подгрупп данных появилась только в последней версии программы

## Minitab

### Достоинства:

1. В максимальной конфигурации имеет методы, отсутствующие у ближайших конкурентов.
2. Автоматически формирует отчет.
3. Реализован основной набор популярных статистических методов анализа.
4. Более популярен среди людей с социально-экономическим уклоном. технологическим образованием.
5. Позволяет параллельно обрабатывать несколько подвыборок. Хорошо реализовано прогнозирование временных рядов.
6. Прост в освоении.
7. Имеются специфические методы, нацеленные исключительно на маркетинговые и социологические исследования (например, Conjoint analysis).
8. Удобен при обработке результатов опроса.
9. Имеется модуль для автоматизации процесса разработки анкеты и ввода результатов опросов (Data Entry).

### Недостатки:

1. Методы для управления качеством реализованы слабо.
2. Help оставляет желать лучшего. Аскетичная графика.
3. Экспорт отчета в офисные приложения оставляет желать лучшего.
4. Отсутствуют методы планирования экспериментов [4].

## VisSim

Достоинства:

1. Простой в освоении, хорошо продуманный интерфейс. Программа предоставляет исследователю множество мелких удобств, о которых не задумываешься, когда они есть, и отсутствие которых немедленно ощущается;
2. Простота построения моделей, управления их работой, проведения исследований и получения их результатов;
3. Широкий выбор стандартных блоков, из которых строятся модели. Кроме того, исследователь может и сам создать, используя языки программирования высокого уровня, собственный блок, отвечающий его требованиям;
4. Сравнительно небольшой объем файла установки и места, занимаемого программой на диске [5].

## MathCAD

Достоинства [6]:

1. Удобный для описания аналитических моделей дружелюбный интерфейс, ориентированный на классическую форму языка математики. Программа, в отличие, например от MathLab'a, достаточно проста в освоении для того, чтобы ее применяли не только ученые, инженеры или студенты вуза, но и школьники старших классов;
2. Возможность не только численного, но и символьного решения многих задач. Последнее особенно впечатляет: программа аналитически определяет значения производных, сумм и интегралов, упрощает аналитические выражения и т.п.;
3. Наличие интерактивного учебника и множества шаблонов для решения типовых задач математики, физики, техники, бизнеса и др.;
4. Возможность вставки документа MathCAD в другое приложение, например в VisSim, который будет обмениваться информацией с MathCAD и использовать его вычислительно-аналитические ресурсы в процессе моделирования. Однако здесь можно отметить, что если сравнить VisSim со скакуном, то MathCAD в таком случае можно приравнять к плугу: вставка элемента MathCAD в VisSim существенно тормозит работу последнего. Во многих случаях моделирования это не критично, а совокупная вычислительная мощность упрощает работу исследователя и делает ее более эффективной;
5. Наличие встроенного языка программирования. С одной стороны это вынужденная мера, поскольку разработчики не могут предвосхитить и обеспечить все потенциальные требования пользователей. Необходимость освоения языка является недостатком программы. С другой стороны, синтаксис языка довольно простой, его использование может существенно расширить круг задач, решаемых исследователями, при этом вспомогательные инструменты, в частности построение графиков всегда у него под рукой;

Недостатки:

1. Недоступны соблюдения требований PLM: PTC Wind chill располагает широким функционалом управленческих требований, но их интеграция со средой Mathcad пока недоработана;
2. Неудачная замена записных книжек: конечно же, в программе можно делать пометки и персональные записи, но размеры сопутствующих изображений занимают слишком много места, как на экране рабочего поля, так и в оперативной памяти.

## Литература

1. Бормотов, А.Н. Математическое моделирование и многокритериальный синтез композиционных материалов специального назначения: диссертация доктора технических наук: 05.13.18 / Бормотов Алексей Николаевич; [Место защиты: ГОУВПО «Пензенская государственная технологическая академия»]. – Пенза, 2011. – 275 с.: ил.
2. Дьяконов, В.П. MATLAB. Полный самоучитель [Электронный ресурс] / Дьяконов В.П. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Профобразование, 2017. – 768 с. – Режим доступа: <https://is.gd/cfsLSG> – ЭБС «IPRbooks».
3. Боровиков, В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе Statistica: методология и технология современного анализа данных: уч. пособие / В.П. Боровиков. – М.: Горячая линия-Телеком, 2013. – 288 с.
4. Наследов А. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных. – СПб.: Питер, 2013. – 416 с.: ил.
5. Дьяконов, В.П. Визуальное математическое моделирование. VisSim + Mathcad +MATLAB. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 384 с.: ил.
6. Макаров, Е.Г. MathCAD: Учебный курс (+CD). – СПб.: Питер, 2009. – 384 с.: ил.

## СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

УДК 004:621.316.06

### ОПТИМИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МОДЕМОВ ADSL

#### OPTIMIZING THE SWITCHING FREQUENCY OF ADSL POWER SUPPLIES

Батенков К.А., Андреев А.А., Семенов Н.А., Королев А.В., Дворядкин В.В.,  
ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации»,  
г. Орёл, Российская Федерация

K.A. Batenkov, A.A. Andreev, N.A. Semyonov, A.V. Korolyov, V.V. Dvoryadkin,  
FSOEI HE «Russian Federation Security Guard Service Federal Academy»,  
Oryol, Russian Federation

e-mail: pravoepredserdie@gmail.com

**Аннотация.** Частота работы импульсного источника питания негативно влияет на производительность модема вследствие уменьшения количества передаваемых битов данных в полосах несущих, соответствующих частоте пульсаций и ее гармоникам, тем самым снижая общую скорость передачи. Однако частота влияет и на другие характеристики, такие как объем передаваемой информации, КПД и надежность. Ни одна из этих характеристик не может быть оптимизирована независимо от других; и во многих случаях оптимизация одного параметра приводит к неоптимальному конечному результату. Именно поэтому для проектирования оптимального решения разработчик источника питания должен системно учитывать все параметры.

**Abstract.** Power supply's switching frequency negatively affects the modem's performance by reducing the number of data bits transmitted in the carrier bands corresponding to the ripple frequency and its harmonics, thereby reducing the modem's overall data transfer rate. However, there are other power-supply factors that are affected by the switching frequency. Some of these factors include overall supply cost, size, efficiency, and reliability. None of these factors can be optimized independently of the others; and, in many cases, optimizing only one supply parameter leads to a less than optimal overall solution. That is why the power-supply designer must act as a system engineer at the power-supply level, taking into account all design parameters to produce the optimal solution.

**Ключевые слова:** импульсный источник питания, частота переключения, DSL-модем, скорость передачи данных, фильтр.

**Keywords:** switching power supply, switching frequency, DSL-modem, throughput, filter.

Передача сигналов DSL-модемов осуществляется по витой паре. С увеличением длины медной линии высокочастотный сигнал ослабевает. Скорость передачи модема начинает снижаться уже через несколько километров. При дальнейшем увеличении

длины шлейфа она продолжает снижаться, вплоть до критического значения длины – около 5 километров. На небольших расстояниях скорость передачи данных достигает 8 Мбит/с, но ближе к предельным снижается до 100 Кбит/с. При длине линии более 5 км затухание сигнала может достигать от 80 до 90 дБ, вынуждая модем использовать методы снижения шума, которые позволяют минимизировать перекрестные помехи. Расчет соотношения сигнал/шум модема имеет «провал» на частоте работы импульсного источника питания. Этот провал отрицательно влияет на производительность модема из-за уменьшения количества передаваемых битов данных, тем самым снижая общую скорость передачи. Необходимо уделять внимание шуму источника питания, ведь от него напрямую зависит производительность модема, а, следовательно, и скорость передачи данных предоставляемая его пользователю.

Для передачи данных модем ADSL использует частотный спектр от 25 кГц до 1,1 МГц. В нисходящем направлении (от сервера к клиенту) используется диапазон от 138 кГц до 1,1 МГц. В направлении вверх (от клиента к серверу) используется диапазон от 25 кГц до 138 кГц. Модем делит этот спектр на 256 равномерно распределенных несущих или «бинов», каждая из которых имеет ширину полосы в 4,3125 кГц. Полосы несущих частот распределены под передачу голоса, восходящего и нисходящего потоков данных и буферных зон. Количество бит, используемых для каждой полосы несущих частот, зависит от уровня шума и помех. На рисунке 1 показано, как шум импульсного источника питания влияет на количество бит данных приходящихся на полосу несущих частот в модеме клиента ADSL. Меандр с частотой в 250 кГц и пиковым значением напряжения в 80 мВ, значительно снижает пропускную способность на этой несущей, на ее гармонике в 750 кГц и, в меньшей степени, гармоники 500 кГц. Гармоники меандра изменяются по закону  $\sin(x)/x$ , который имеет пики на нечетных гармониках. Данные на рисунке 1 демонстрируют линию передачи в 3,5 км.

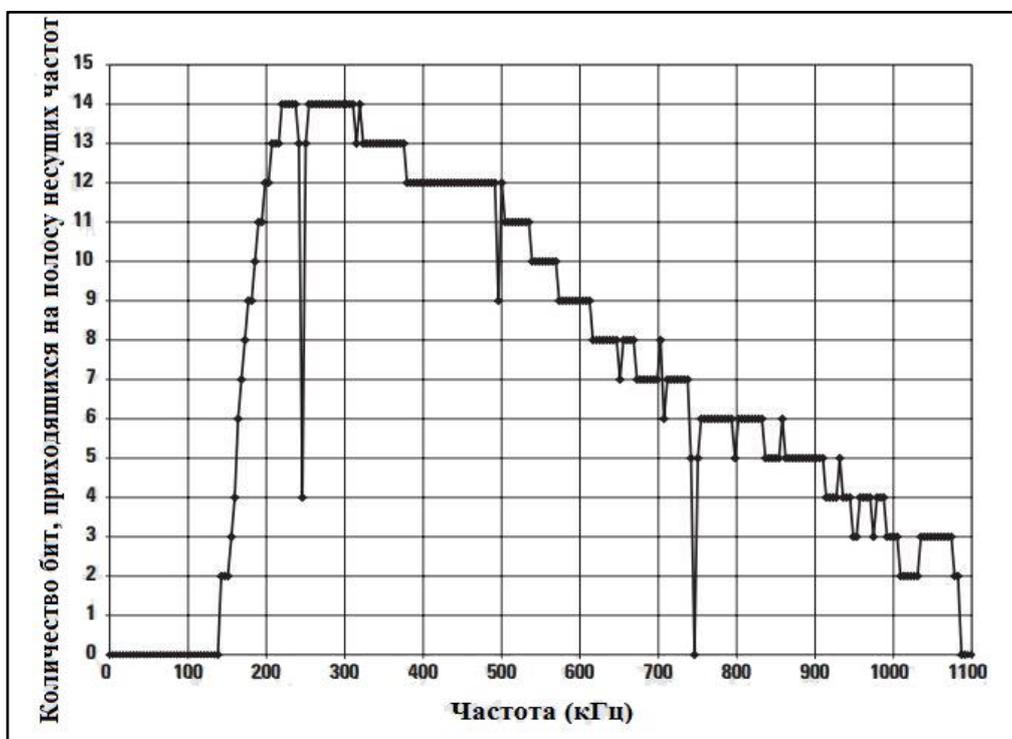


Рисунок 1. Влияние источника питания с частотой 250 кГц и его гармоник на пропускную способность

В таблице 1 показана зависимость снижения общей битовой скорости модема от частоты импульсного источника питания и амплитуды пульсаций. Данные показывают, что и амплитуда, и частота пульсаций влияют на общую скорость передачи данных модема. Увеличение амплитуды пульсации уменьшает общую скорость передачи данных модема, уменьшает соотношение сигнал/шум в полосах несущей, соответствующих частоте пульсаций и ее гармоникам. На высоких частотах источник питания оказывает меньшее влияние на общую скорость передачи данных модема; на это есть две причины.

Во-первых, более высокие частоты переключения влияют лишь на высокочастотные «бины», которые изначально имеют более низкие скорости передачи.

Во-вторых, гармоники расположены дальше друг от друга, поэтому влияние на них оказывает меньшее число «бинов». Частоты работы источника питания выше 1,1 МГц, обычно оказывают минимальное влияние на скорость передачи данных модема, поскольку основная частота работы выше частот, используемых для передачи данных.

Таблица 1 – Техническая характеристика измерительных приборов лабораторного стенда.

Амплитуда меандра, мВ	Скорость передачи данных, Мбит/с			
	100 кГц	250 кГц	500 кГц	1 МГц
2	6.8	6.8	6.8	6.8
10	6.7	6.7	6.7	6.7
20	6.5	6.5	6.7	6.7
60	6.4	6.5	6.6	6.6
80	6.2	6.3	6.5	6.6

Если брать в расчет только скорость передачи данных, то оптимальной частотой работы импульсного источника питания будет 1 МГц. Однако частота влияет и на другие характеристики, такие как объем передаваемой информации, КПД и надежность. Ни одна из этих характеристик не может быть оптимизирована независимо от других; и во многих случаях оптимизация одного параметра приводит к неоптимальному конечному результату.

На рисунке 2 показана простая блок-схема вольтопонижающего трансформатора, которая легко реализуется с использованием контроллера Texas Instruments UCC3813 с синхронным MOSFET-драйвером TPS2836. Питание подается на частотах 100 кГц, 250 кГц, 500 кГц и 1 МГц. Выходная пульсация питания отрегулирована на каждой из этих частот таким образом, чтобы скорость передачи данных оставалась равной 6,7 Мбит/с.

В таблице 1 показано, что при работе источника питания на низких частотах, для обеспечения скорости передачи данных в 6,7 Мбит/с требуется меньшая амплитуда пульсаций. Например, при 100 кГц амплитуда пульсаций для 6,7 Мбит/с составляет 10 мВ; в то время как при 1 МГц пульсация составляет 80 мВ. Количество и номинальное значение составных элементов фильтра имеет обратную зависимость от частоты его работы. Так, для фильтра на 100 кГц требуется индуктивность в 22 мкГн, а для схемы на 1 МГц требуется индуктивность лишь в 2,2 мкГн. Номинальное значение индуктивности катушки нелинейно зависит от ее размера. В какой-то момент увеличение частоты работы импульсного источника питания не приводит к уменьшению номинального значения ее индуктивности.

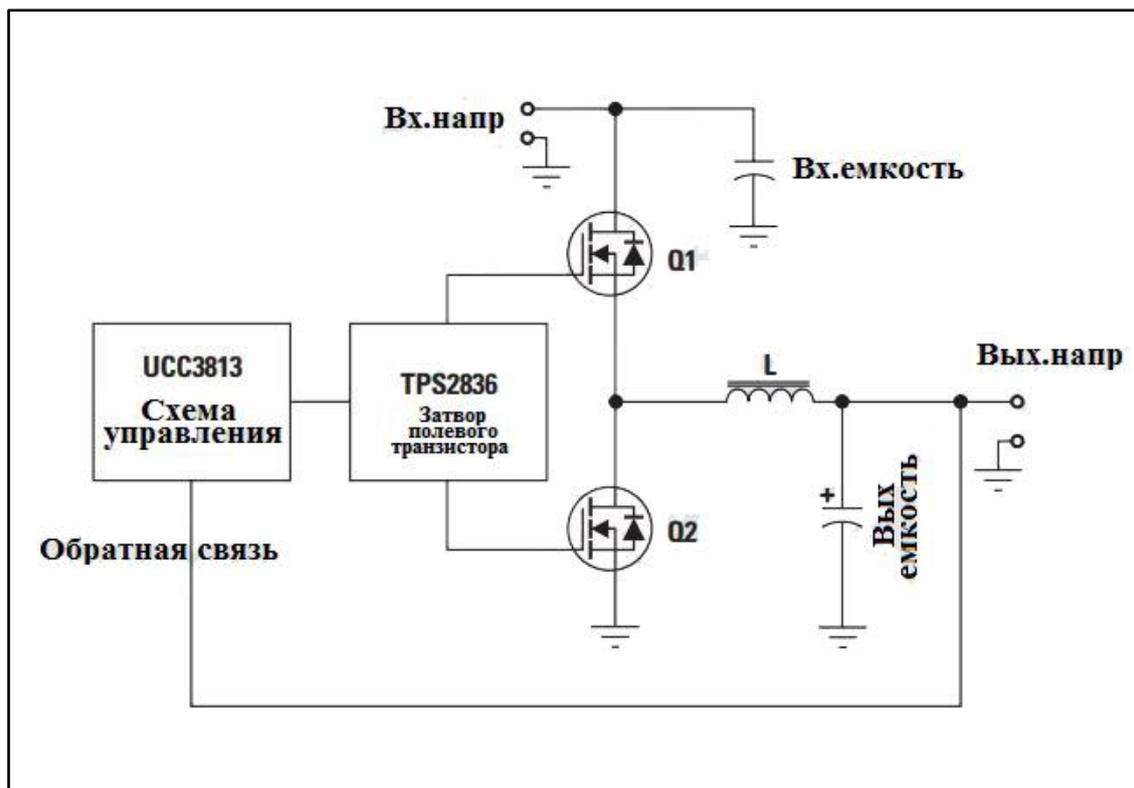


Рисунок 2. Упрощенная схема блок-схема  
вольтопонижающего преобразователя

Минимальные требования к входной и выходной емкости также имеют обратную зависимость от частоты. По мере увеличения частоты требуемая фильтрация уменьшается; поэтому требуются меньшие значения емкости.

На низких частотах керамические конденсаторы не имеют сглаживающей емкости, необходимой для обеспечения требуемых фильтрующих свойств; поэтому используются алюминиевые электролитические, органические электролитические или специальные полимерные конденсаторы. Зависимость их емкости от частоты работы источника питания будет минимальна, поскольку эти конденсаторы являются эквивалентным последовательным сопротивлением и амплитуда пульсаций тока ограничена.

При частотах от 500 кГц и выше выбор керамических конденсаторов будет наиболее предпочтителен. По мере увеличения частоты количество заряда, подаваемое конденсаторами за цикл, уменьшается.

Выбор номинала емкости определяется требованиями к накапливаемому заряду; поэтому с увеличением частоты требования к емкости уменьшаются. Как и в случае с индуктивностью, проблемы с размещением на плате приводят к уменьшению объема конденсатора.

На рисунке 3 показана общая площадь источника питания, а также соотношение между областью, занимаемой цепью управления и фильтром.

Обратите внимание, что общая площадь уменьшается примерно на 23% при переходе от 100 кГц до 250 кГц, но уменьшается на 13% при переходе от 250 кГц до 500 кГц.

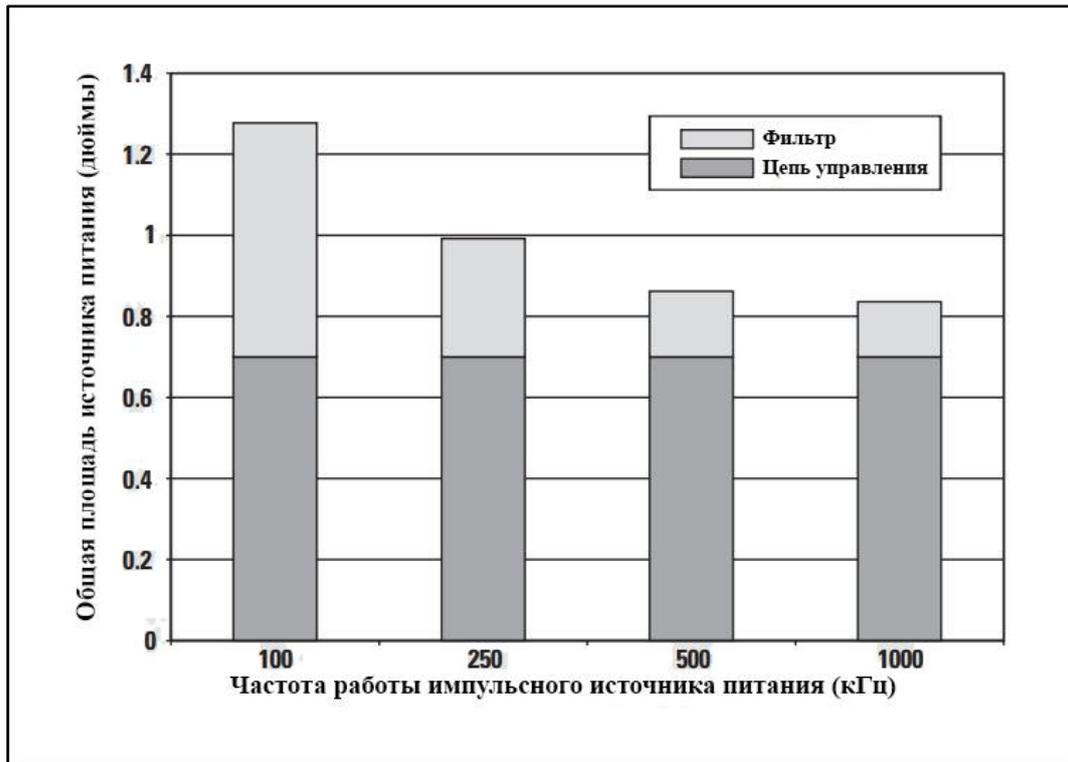


Рисунок 3. Зависимость площади источника питания от частоты

Частота работы импульсного источника питания напрямую влияет на эффективность питания.

Основные потери мощности в источнике питания обычно приходятся на полевые транзисторы. В число этих потерь входят несколько составляющих, некоторые из которых зависят от частоты, а некоторые нет. Потери на электропроводность диэлектрика в полевых транзисторах не зависят от частоты. Эта составляющая потерь является функцией тока питания и сопротивления полевого транзистора.

К потерям в полевых транзисторах, имеющих прямую зависимость от частоты, относят потери на управление затвором, потери на паразитных конденсаторах затвористок и исток-сток, время обратного восстановления, проводимость р-п перехода и потери при изменении частоты работы источника питания.

Каждая из этих составляющих рассеивает определенное количество энергии всякий раз, когда блок питания завершает цикл переключения. Чем чаще переключается источник питания, тем больше энергии рассеивается этими частотно-зависимыми составляющими потерь.

На низких частотах преобладают потери проводимости полевого транзистора.

На высоких частотах потери проводимости остаются постоянными; в то время как частотно-зависимые потери увеличиваются.

Надежность и стоимость электропитания косвенно связаны с частотой работы импульсного источника питания. Снижение КПД при более высоких частотах работы приводит к более высоким рабочим температурам. При каждом повышении температуры на  $10^{\circ}\text{C}$  частота отказов для полупроводников удваивается.

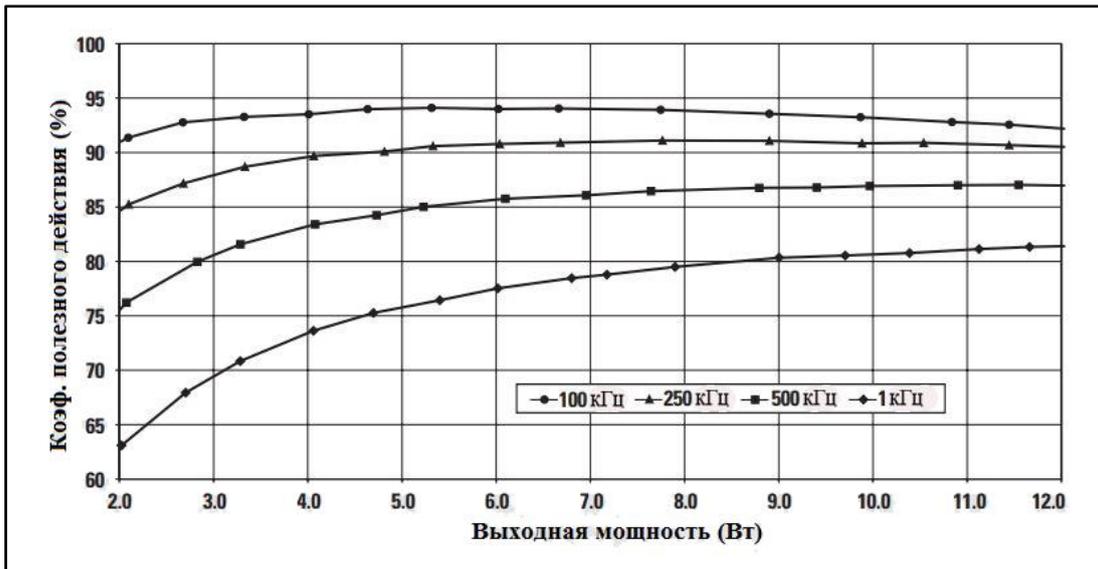


Рисунок 4. Зависимость КПД источника питания от частоты работы

Данные, приведенные на рисунке 5, предполагают использование естественного конвекционного охлаждения с площадью платы, показанной на рисунке 3.

У конструктора есть несколько вариантов того как обеспечить допустимое превышение рабочей температуры на высоких частотах.

Один из них – увеличить площадь охлаждаемой поверхности. Для этого необходимо использовать несколько охлаждающих компонентов, соединенных параллельно в сочетании с более широкой печатной платой, что способствовало бы более быстрому отводу тепла.

Другой вариант – обеспечить дополнительное охлаждение используя вентиляторы, радиаторы или и то, и другое.

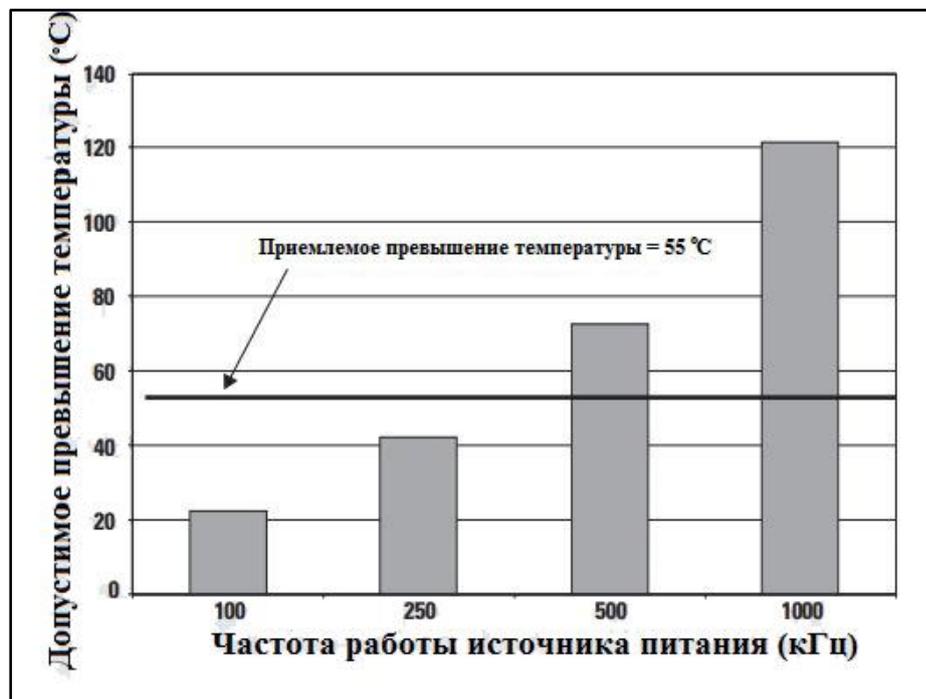


Рисунок 5. Зависимость рабочей температуры от частоты работы источника питания

## Выводы

На рисунке 6 приведены различные сочетания используемых частот переключения, амплитуд пульсаций и размеров плат при сохранении постоянной пропускной способности модема. Несомненно, возникает желание попытаться оптимизировать определенный параметр питания, но на рисунке 6 показано, что изменение одного параметра может отрицательно повлиять на другие параметры. Конструктор источника питания для создания оптимального решения должен системно учитывать все параметры. Если минимальная площадь, занимаемая платой, не устраивает разработчика, можно использовать частоту переключения около 500 кГц. При 500 кГц требуемая для электропитания область минимальна, так как на этой частоте снижается чувствительность модема к шуму источника питания; а эффективность все еще находится на приемлемом уровне. Если определяющим фактором является минимизация потерь, то оптимальным будет выбор рабочей частоты где-то между 200 кГц и 300 кГц. В пределах этого диапазона минимизируются зависящие от частоты потери, а эффективность питания повышается до максимального значения; однако размер платы возрастет за счет увеличения размера используемого фильтра, необходимого для поддержания удовлетворительной пропускной способности модема.

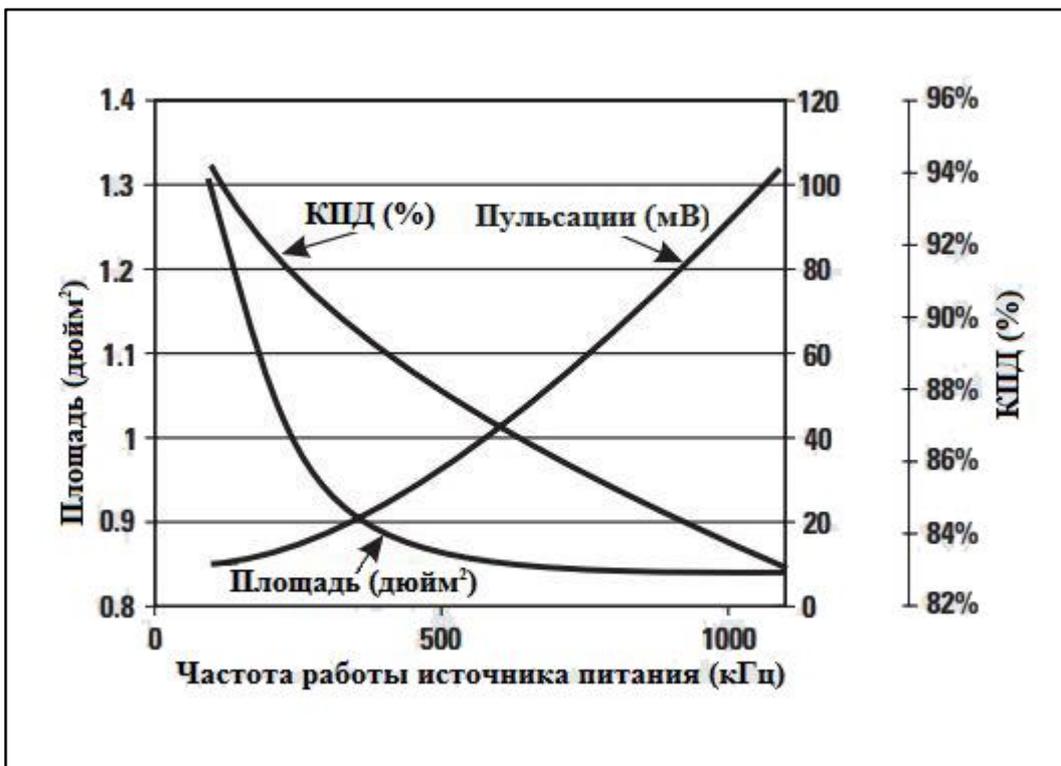


Рисунок 6. Оптимизация параметров источника питания

## Литература

1. Robert Kollman, John Betten Power Supplies for Residential Telephony Systems / Power Management – Texas Instruments Incorporated, 2005. p. 23-27.

УДК 004:621.316.06

## ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В УСТРОЙСТВАХ КОРРЕКЦИИ МОЩНОСТИ TRANSIENT PROCESS

Батенков К.А., Иванов Д.А., Егупов А.А., Мясин Н.И.,  
ФГКВООУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации»,  
г. Орёл, Российская Федерация

K.A. Batenkov, D.A. Ivanov, A.A. Egupov, N.I. Myasin,  
FSOEI HE «Russian Federation Security Guard Service Federal Academy»,  
Oryol, Russian Federation

e-mail: andrey-egupov48@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена переходным процессам в нарушениях устройств коррекции мощности, их разновидностям, а также эффективным методам защиты от вреда, причинённого переходными процессами.

Когда для ваших нужд приобретается неисправное устройство коррекции мощности, могут произойти нарушения связи, имеющие дорогостоящие последствия: большое время простоя, повреждение оборудования и т.д. Поэтому характеристика мощности имеет огромное значение при принятии решения о покупке устройств коррекции мощности.

В статье представлены 7 категорий нарушения качества мощности, но особое внимание уделяется так называемым переходным процессам – наиболее разрушительному типу нарушения мощности. Переходные процессы, в свою очередь делятся на импульсивные и колебательные.

Два из наиболее жизнеспособных методов защиты, когда речь идет об импульсных переходных процессах, относятся к устранению потенциального ESD и использованию устройств подавления перенапряжений (в основном называемых переходными ограничителями перенапряжения (TVSS) или устройством для защиты от перенапряжений (SPD)). Каскадные SPD и UPS – это самый эффективный метод защиты от помех в электропитании для электронного оборудования.

Касаемо колебательных переходных процессов, общим решением для отключения конденсатора является установка линейных реакторов или дросселей, которые уменьшают колебательный переход к управляемому уровню. Еще одним развивающимся решением проблем с переключением конденсаторов является переключатель пересечения нуля.

Конечно, UPS и SPD-системы также очень эффективны для снижения вреда, который могут иметь колебательные переходные процессы, тем не менее, эти устройства не всегда препятствуют возникновению колебательных переходных процессов.

**Abstract.** The article is devoted to transients in violations of power correction devices, their varieties, as well as effective methods of protection from harm caused by transients.

When for your needs to be purchased is faulty device correction power can cause failure with costly consequences: the great downtime, equipment damage, etc. Therefore, the power characteristic is of great importance when deciding about buying devices power correction.

The article presents 7 categories of power quality violations, but special attention is paid to the so – called transients-the most destructive type of power violations. Transients, in turn, are divided into impulsive and oscillatory.

Two of the most viable protection methods when it comes to impulse transients are related to the elimination of potential ESD and the use of overvoltage suppression devices (mainly called transient overvoltage limiters (TVSS) or overvoltage protection device (SPD). Cascade SPD and UPS is the most effective method of protection against interference in the power supply for electronic equipment.

With regard to oscillatory transients, a common solution for disconnecting a capacitor is to install linear reactors or throttles that reduce the oscillatory transition to a controlled level. Another evolving solution to capacitor switching problems is the zero crossing switch.

Of course, UPS and SPD systems are also very effective in reducing the harm that oscillating transients can have, however, these devices do not always prevent the occurrence of oscillating transients.

**Ключевые слова:** мощность, устройство коррекции мощности, импульсный переходный процесс, колебательный переходный процесс, UPS и SPD-системы.

**Keywords:** power, power correction device, pulse transient, oscillating transient, UPS and SPD systems.

Возможность говорить о мощности, например, зная разницу между прерыванием и колебательным переходным процессом, может иметь огромное значение при принятии решений о покупке устройств коррекции мощности [1]. Когда для ваших нужд приобретается неправильное устройство коррекции мощности, могут произойти нарушения связи, которые имеют дорогостоящие последствия: большое время простоя, потерянную заработную плату, или даже повреждение оборудования.

Нарушения качества электроэнергии (мощности), показанные в этой статье, были объединены в семь категорий, основанных на форме волны:

1. Перепады
2. Прерывания
3. Сдвиг/понижение напряжение
4. Набухание/перенапряжение
5. Искажение формы волны
6. Колебания напряжения
7. Частотные вариации

Представленная статья будет соответствовать данным категориям и включать графики, которые будут пояснить различия между отдельными нарушениями качества электроэнергии.

Переходные процессы – потенциально наиболее разрушительный тип нарушения мощности. Переходные процессы делятся на две подкатегории:

1. Импульсивный
2. Колебательный

### **Импульсивный переходной процесс**

Импульсивными переходными процессами являются внезапные события с высоким пиком, которые повышают уровни напряжения и / или тока в положительном или отрицательном направлении. Эти типы событий могут быть классифицированы скоростью, с которой они происходят (быстрые, средние и медленные). Импульсивные переходные процессы могут быть очень быстрыми событиями (5 наносекунд [нс] –

время нарастания от устойчивого состояния до пика импульса) кратковременной продолжительности (менее 50 нс).

Примечание: [1000 нс = 1 мкс] [1000 мкс = 1 мс] [1000 мс = 1 секунда]

Один из примеров положительного импульсного переходного процесса, вызванного событием электростатического разряда (ESD), показан на рисунке 1.

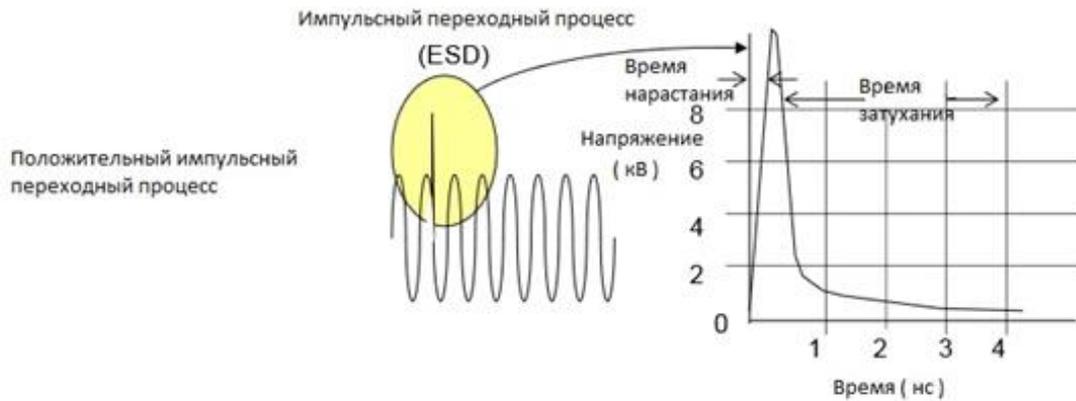


Рисунок 1. Положительный импульсный переходный процесс

Импульсивный переходный процесс - это то, что большинство людей имеет в виду, когда говорят, что они испытали скачок или всплеск. Для описания импульсных переходных процессов использовалось много разных терминов, таких как удар, сбой, скачок мощности и всплеск.

Причины импульсных переходных процессов включают молнию, плохое заземление, переключение индуктивных нагрузок, устранение неисправностей и электростатический разряд (ESD). Результаты могут варьироваться от потери (или повреждения) данных до физического повреждения оборудования. Из этих причин, молния, вероятно, является наиболее разрушительной.

Проблема с молнией легко распознается после наблюдения грозы. Количество энергии, которое требуется, чтобы осветить ночное небо, безусловно, может уничтожить чувствительное оборудование. Кроме того, не требуется прямого удара молнии, чтобы нанести урон. Электромагнитные поля (смотрите рисунок 2), создаваемые молнией, могут вызывать значительный потенциальный ущерб, вызывая ток на близлежащие проводящие структуры.

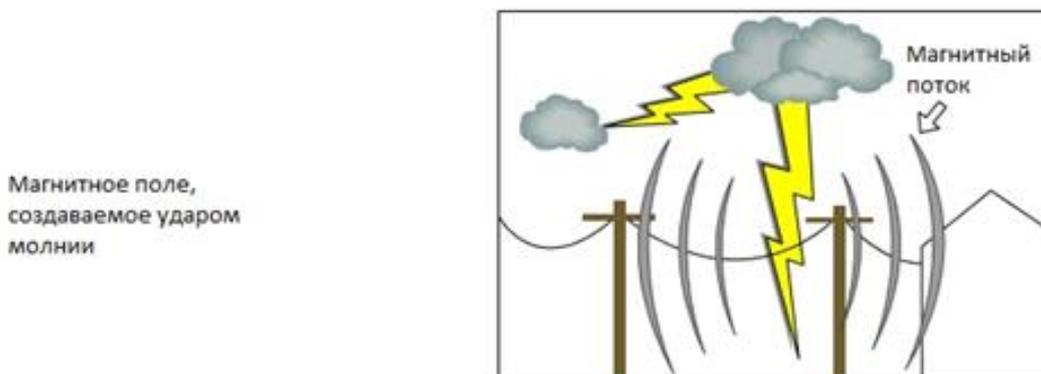


Рисунок 2. Магнитное поле, созданное ударом молнии

Два из наиболее жизнеспособных методов защиты, когда речь идет об импульсных переходных процессах, относятся к устранению потенциального ESD и использованию устройств подавления перенапряжений (в основном называемых переходными ограничителями перенапряжения (TVSS) или устройством для защиты от перенапряжений (SPD)).

В то время как ESD может удаляться, например, от вашего пальца без какого-либо ущерба для вас, то этого более чем достаточно, чтобы компьютерная материнская плата перестала работать и никогда не функционировала снова. В центрах обработки данных, производствах печатных плат (PCB) или в любой другой среде, где PCBs подвергаются воздействию человека, важно рассеять потенциал ESD. Например, практически любая надлежащая среда центра обработки данных включает кондиционирование воздуха в помещении. Кондиционирование воздуха не просто охлаждает воздух, чтобы помочь удалить тепло из оборудования центра обработки данных, но также регулирует количество влаги в воздухе. Сохранение влажности в воздухе от 40 до 55% уменьшит вероятность возникновения ESD. В сфере печатных плат можно увидеть (например, в любом небольшом ремонтном бизнесе) оборудование, обеспечивающее заземление человеческого тела. Оно включает в себя браслеты, антистатические коврики, рабочие столы и антистатические ботинки. Большая часть этого оборудования подключена к проводу, ведущему к основанию объекта, который удерживает людей в безопасности от поражения электрическим током, а также рассеивает возможное ESD на землю.

SPDs использовались в течение многих лет. Эти устройства по-прежнему используются сегодня в коммунальных системах, в устройствах для крупных объектов и центров обработки данных, а также повседневно малом бизнесе и в быту; их производительность улучшается с достижениями в технологии варистора из оксида металла (MOV). MOV обеспечивают постоянное подавление импульсных переходных процессов, набуханий и других условий высокого напряжения и могут быть объединены с устройствами термического отключения, такими как автоматические выключатели, термисторы, а также другие компоненты, такие как газовые трубки и тиристоры. В некоторых случаях схемы SPD встроены в электрические устройства, такие как компьютерные источники питания со встроенными способностями подавления. Чаще всего они используются в автономных устройствах подавления перенапряжений или включаются в источники бесперебойного питания (UPSs) для обеспечения подавления перенапряжений и аварийного питания батареи в случае прерывания (или в случаях, когда уровни мощности находятся за пределами номинальных или безопасных условий питания).

Каскадные SPD и UPS - это самый эффективный метод защиты от помех в электропитании для электронного оборудования. Используя эту технику, устройство SPD размещается у входа в систему и предназначено, чтобы рассеивать большую часть энергии от любого входящего переходного процесса. Последующие устройства на электрической панели и на самом чувствительном оборудовании обеспечивают такой уровень напряжения, который не повредит оборудование. Особое внимание должно быть уделено определению как номинального напряжения, так и мощности рассеивания энергии этих устройств, а также координации устройств для эффективной работы. Кроме того, следует обратить внимание на то, насколько эффективно устройство подавления перенапряжений в случае, если MOV достигает точки отказа. MOV является последовательным в своих возможностях подавления перенапряжений, с течением времени его способности ухудшаются и он может выйти из строя (если превышена эффективность его использования). Важно, что, если MOV достигнет точки, в которой он больше не полезен, SPD имеет возможность разбить схему и не допустить,

чтобы какая-либо повреждающая аномалия мощности достигла оборудования, которое оно защищает.

### Колебательный переходной процесс

Колебательным переходным процессом является внезапное изменение в установившемся состоянии напряжения, тока или напряжения и тока одновременно как на положительном, так и на отрицательном уровнях сигнала, колеблющихся на частоте естественной системы. Проще говоря, переходный процесс приводит к тому, что сигнал мощности попеременно набухает, а затем сжимается очень быстро. Колебательные переходные процессы обычно затухают до нуля в течение цикла (затухающие колебания).

Переходные процессы возникают, когда вы выключаете индуктивную или емкостную нагрузку, такую как мотор или конденсатор. Колебательный переходный процесс возникает из-за того, что нагрузка сопротивляется изменению. Это похоже на то, что происходит, когда вы внезапно выключаете быстро протекающий кран и слышите стук в трубах. Текущая вода сопротивляется изменению, и возникает жидкий эквивалент колебательного переходного процесса.

Например, при выключении вращающегося двигателя он недолго действует как генератор, который когда отключается, вырабатывает электричество и отправляет его через электрическое распределение. Длинная электрическая распределительная система может действовать как генератор при включении или выключении питания, поскольку все схемы имеют некоторую внутреннюю индуктивность и распределенную емкость, которая ненадолго активируется в распадающейся форме.

Когда колебательные переходные процессы появляются на возбужденной цепи, обычно из-за вспомогательных операций коммутации (особенно когда конденсаторные батареи автоматически переключаются в системе), они могут быть весьма разрушительными для электронного оборудования. На рисунке 3 показан типичный низкочастотный колебательный переходный процесс, связанный с подачей питания на конденсаторные батареи.

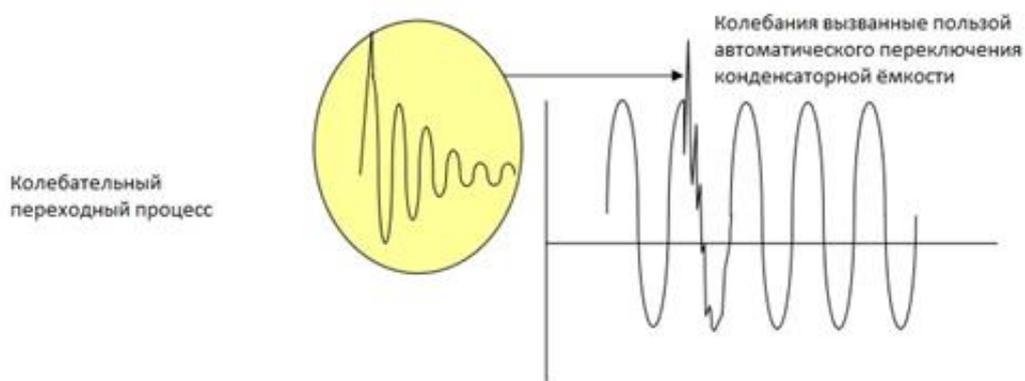


Рисунок 3. Колебательный переходный процесс

Наиболее известная проблема, связанная с переключением конденсаторов и ее колебательным переходным процессом, – это отключение приводов с регулируемой скоростью (ASD). Относительно медленный переходный процесс вызывает повышение напряжения линии постоянного тока (напряжение, которое управляет активацией ASD), что приводит к отключению привода от линии с указанием перенапряжения.

Общим решением для отключения конденсатора является установка линейных реакторов или дросселей, которые уменьшают колебательный переход к управляемому

уровню. Эти реакторы могут быть установлены перед приводом или на линии постоянного тока и доступны как стандартная функция или как опция для большинства ASD.

Еще одним развивающимся решением проблем с переключением конденсаторов является переключатель пересечения нуля. Пересечение нуля – это когда дуга синусоидальной волны опускается и достигает нулевого уровня (до того, как она становится отрицательной), смотрите на рисунок 4. Переходный процесс, вызванный переключением конденсаторов, будет иметь тем большую величину, чем дальше происходит переключение от нулевого времени скрещивания синусоидальной волны. Переключатель с нулевым переходом решает эту проблему, контролируя синусоидальную волну, чтобы убедиться, что переключение конденсаторов происходит как можно ближе к нулевому времени скрещивания синусоидальной волны.



Рисунок 4. Пересечение нуля

## Выводы

Конечно, UPS и SPD-системы также очень эффективны для снижения вреда, который могут иметь колебательные переходные процессы, особенно между обычным оборудованием для обработки данных, например компьютерами в сети. Тем не менее, устройства SPD и UPS иногда не могут препятствовать возникновению колебательных переходных процессов, которые в свою очередь могут препятствовать переключателю с нулевым пересечением и / или дроссельной заслонкой на специализированном оборудовании, например для производства машин и их систем управления.

## Литература

1. White paper 18, Revision 1. The seven types of power problems, Joseph Seymour.
2. Батенков, К.А. Алгоритм формирования несущих колебаний для линейного канала связи с аддитивным белым гауссовским шумом // Телекоммуникации. 2008. №3. С. 10-15.
3. Батенков, К.А. Моделирование непрерывных каналов связи в форме операторов преобразования некоторых пространств // Труды СПИИРАН. 2014. №1 (32). С. 171-198.
4. Батенков, К.А. Зависимости отношения сигнал-помеха на выходе демодулятора в канале связи с замираниями // Информатика: проблемы, методология, технологии Материалы XVI Международной научно-методической конференции. Под редакцией Тюкачева Н.А. 2016. С. 75-77.
5. Батенков, К.А. Анализ отношения сигнал-помеха на выходе демодулятора для случая передачи одномерных двухпозиционных амплитудно-модулированных сигналов по беспроводному каналу связи // Современные проблемы телекоммуникаций Материалы конференции. 2016. С. 249-250.

УДК 004:621.316.06

**ИЗМЕРЕНИЕ ШУМА ПИТАНИЯ****MEASUREMENT OF NOISE POWER**

Батенков К.А., Иванов Д.А., Егупов А.А., Королев А.В., Миронов А.Е.,  
ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации»,  
г. Орёл, Российская Федерация

K.A. Batenkov, D.A. Ivanov, A.A. Egupov, A.V. Korolyov, A.E. Mironov,  
FSOEI HE "Russian Federation Security Guard Service Federal Academy",  
Oryol, Russian Federation

e-mail: andrey-egupov48@mail.ru

**Аннотация.** Микроэлектроника XX века сталкивалась с постоянно растущими проблемами плотности и эффективности мощности оборудования преобразования мощности. Однако постепенно проблемы разрешились, появилась реальная возможность для уменьшения размеров и массы, а также для повышения эффективности схем преобразования мощности: импульсные блоки питания; технология электропитания с коммутационным режимом. Несмотря на это, дальнейшее увеличение плотности мощности стало возможным благодаря внедрению мощных МОП-транзисторов (MOSFET) в начале и середине семидесятых.

Далее, поскольку масштабирование привело к тому, что целостность источника питания стала серьезной проблемой, были разработаны все более сложные модели сети питания, что привело к инструментам САПР (CAD). Несмотря на изошренность, эти симуляции шума на источнике питания основаны на моделях.

Основная проблема при разработке схем измерения шума питания заключается в том, что текущие колебания, генерирующие шум, могут иметь чрезвычайно высокую полосу пропускания (ограниченную примерно только задержкой цифрового затвора). Чтобы избежать чрезмерных нагрузок такого высокоскоростного преобразователя, большинство схем измерения шумов были спроектированы, как правило, либо путем явного приема аналоговых выборок шума, либо путем использования переменных пороговых компараторов.

Хотя шум питания может фактически быть детерминированным по своей природе, количество переменных состояния, которые необходимо отслеживать, чтобы точно рассчитать его, огромно. Поэтому, вместо того, чтобы определять его точное поведение, шум питания обычно моделируется как случайный процесс и может характеризоваться автокорреляцией или ее частотным спектром.

Автокорреляция  $R$ , в свою очередь, становится функцией как временного разделения  $T$ , так и времени в пределах цикла шума, при котором были взяты образцы.

**Abstract.** Microelectronics of the XX century faced ever-growing problems of power density and efficiency of power conversion equipment. However, gradually the problems were solved, there was a real opportunity to reduce the size and weight, as well as to improve the efficiency of power conversion schemes: switching power supply; power supply technology with switching mode. Despite this, a further increase in power density was made possible by the introduction of high-power MOSFETs (MOSFETs) in the early and mid-seventies.

Further, since scaling has led to the fact that the integrity of power supply has become a serious problem, have been developed increasingly complex models of supply, which led to CAD tools (CAD). Despite the sophistication, these noise simulations on the power source are based on models.

The main problem in the development of power noise measurement schemes is that the current noise-generating oscillations can have extremely high bandwidth (limited only by the delay of the digital shutter). To avoid the excessive loads of such a high-speed Converter, most noise measurement schemes have been designed, as a rule, either by explicitly accepting analog noise samples or by using variable threshold Comparators.

While power noise can actually be deterministic in nature, the number of state variables that need to be tracked to accurately calculate it is enormous. Therefore, instead of determining its exact behavior, power noise is usually modeled as a random process and can be characterized by autocorrelation or its frequency spectrum.

Autocorrelation  $R$ , in turn, becomes a function of both the time division  $T$  and the time within the noise cycle at which samples were taken.

**Ключевые слова:** мощность, источник питания, модели сети питания, шум питания, автокорреляция.

**Keywords:** power, power supply, power supply models, power noise, autocorrelation.

### **Введение**

С начала эры миниатюризации, вызванной революцией в области микроэлектроники в конце 50-х и начале 60-х годов, оборудование преобразования мощности, используемое в компьютерных и телекоммуникационных энергосистемах, сталкивается с постоянно растущими проблемами плотности и эффективности мощности [1].

Однако только с введением в конце шестидесятых годов высоковольтных биполярных силовых транзисторов, позволивших заменить линейные источники питания высокочастотными импульсными источниками питания, появилась реальная возможность для уменьшения размеров и массы, а также для повышения эффективности схем преобразования мощности [2].

Как правило, линейная технология электропитания не дает существенных возможностей для снижения веса и размера, поскольку размер и вес в основном определяются линейно-частотным трансформатором и радиатором. Кроме того, возможности повышения КПД также весьма ограничены, поскольку КПД линейных источников питания определяется исключительно соотношением выходного и входного напряжения. С другой стороны, существуют импульсные блоки питания, которые предполагают значительное уменьшение размера и веса, так как отпадает необходимость в объемных магнитах с линейной частотной характеристикой, а также уменьшается размер радиаторов за счет повышения КПД по сравнению с линейными источниками питания. Как правило, оптимизация эффективности и размера источников питания с коммутационным режимом основана на нахождении частоты переключения, на которой оптимизируется компромисс между потерями проводимости и коммутации.

Хотя технология электропитания с коммутационным режимом привела к значительному улучшению плотности мощности по сравнению с линейной технологией электропитания, дальнейшее увеличение плотности мощности стало возможным благодаря внедрению мощных МОП-транзисторов (MOSFET) в начале и середине семидесятых. Технология MOSFET вместе с достижениями в области силовых магнитов позволила значительно увеличить частоту коммутации и, таким

образом, уменьшить размер магнитных компонентов. В то время как частотный диапазон источников питания с более ранним переключением, реализованный с биполярными силовыми устройствами, был ограничен несколькими килогерцами, устройства MOSFET позволили перевести частоты переключения в диапазон сотен килогерц и даже мегагерц. Поскольку максимальная частота переключения силового преобразователя связана с его выходной мощностью, диапазоном входного напряжения и гальванической развязкой, типичный диапазон частот переключения преобразователей постоянного тока выше, чем у автономных преобразователей, как показано на рисунке 1.

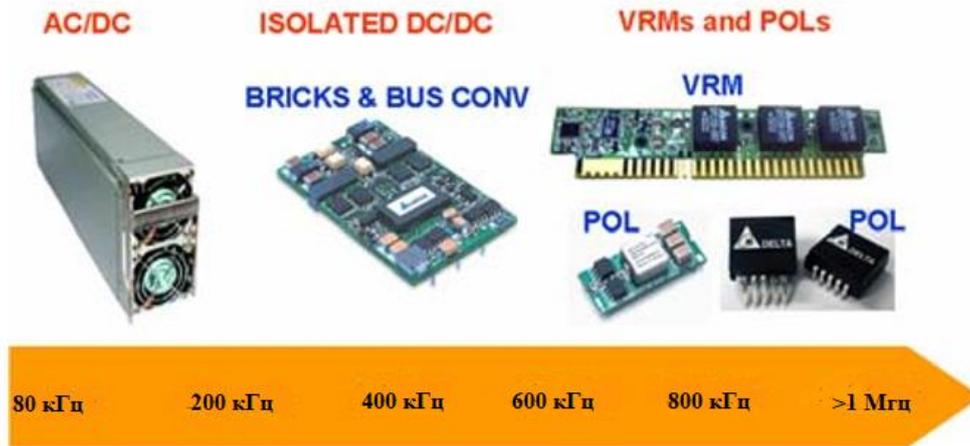


Рисунок 1. Типичные диапазоны частот переключения современных силовых преобразователей

Как можно видеть из рисунка 1, сегодняшние маломощные, неизолированные регуляторы напряжения (VR) и точечные (POL) преобразователи, входное напряжение которых находится в диапазоне от 5 до 12 В, работают на частотах переключения, превышающих 1 МГц, тогда как преобразователи переменного тока, требующие изоляции трансформатора и среднеквадратичное линейное напряжение которых составляет от 90 до 265 В, обычно работают с частотами коммутации в диапазоне 80-200 кГц.

### 1. Измерение шума питания

Поскольку масштабирование привело к тому, что целостность источника питания стала серьезной проблемой, были разработаны все более сложные модели сети питания [3]. Это в свою очередь привело к инструментам САПР (CAD) [4], целью которых является предоставление разработчикам чипов возможностей для нахождения потенциальных проблем целостности поставок при моделировании [5]. Последние версии этих инструментов могут не только рассчитать падение инфракрасного излучения в сети питания в разных местах матрицы, но и могут запускать динамическое моделирование для прогнозирования воздействия токов переключения на напряжение питания.

Несмотря на изоциренность, эти симуляции шума на источнике питания основаны на моделях. Следовательно, проверка результатов посредством фактических измерений шума, как это видно на матрице, является ключевым шагом к подписанию на целостность поставки проекта, а также вызывает значительный интерес к методам выполнения таких измерений шума питания на выходе [6].

Основная проблема при разработке схем измерения шума питания заключается в том, что текущие колебания, генерирующие шум, могут иметь чрезвычайно высокую полосу пропускания (ограниченную примерно только задержкой цифрового затвора). Поэтому для получения формы сигнала напряжения питания требуется полоса измерения более 10-20 ГГц с эффективным разрешением  $\sim 6-8$  бит. В то время как АЦП (ADS), разработанные для осциллографов реального времени, достигли такого уровня производительности [7], что эти преобразователи занимают целый чип и рассеивают  $\sim 9$  Вт.

Чтобы избежать чрезмерных нагрузок такого высокоскоростного преобразователя, большинство схем измерения шумов были спроектированы таким образом, чтобы использовать некоторую форму суб-выборки (обычно используется в осциллографах с эквивалентным временем) – как правило, либо путем явного приема аналоговых выборок шума либо путем использования переменных пороговых компараторов [6]. При этом периодическая (и, следовательно, измеряемая путем выборки с использованием эквивалентной выборки) частота сигнала питания обычно требует, чтобы чип работал в контролируемых условиях тестирования повторяющимся образом. Следовательно, этот тип измерений, к сожалению, не может фиксировать поведение шума питания при нормальной работе чипа.

Если образцы, используемые в измерительной цепи, не полагаются на усреднение для точности, дальнейшая характеристика вариаций питания может быть выполнена с помощью образца для сбора данных о распределении шума питания в каждой точке в течение заданного цикла (например, осциллографа с включенным «бесконечным упорством»). Хотя это измерение может обеспечить большой объем информации о поведении шумов питания, динамика неповторяющихся вариаций, присущих типичной операции с чипом, останется нехарактерной. Это является ограничением, потому что и распределение, и спектр частоты изменений питания необходимо знать для того чтобы характеризовать влияние шума питания на цепях – особенно на чувствительных аналоговых или смешанных сигнальных цепях.

Чтобы преодолеть это ограничение, расширим предыдущие методы измерения, рассматривая шум питания как случайный процесс, и будем использовать его статистические свойства – в частности, автокорреляцию [8] – для измерения спектра шума. Привлекательность этого метода заключается в том, что автокорреляцию можно измерить, используя только два образца с точными моментами выборки, но с низкой частотой дискретизации. Мы дополнительно расширяем этот метод для измерения динамики повторяющегося, изменяющегося во времени или циклостационарного [9] шумового процесса путем записи моментов выборки в дополнение к расстоянию между образцами. Эта дополнительная информация фиксирует периодическую структуру шума и лучше характеризует ее поведение.

## **2.1 Случайный шум и автокорреляция**

Хотя шум питания может фактически быть детерминированным по своей природе, количество переменных состояния, которые необходимо отслеживать, чтобы точно рассчитать его, огромно. Поэтому, вместо того, чтобы определять его точное поведение, шум питания обычно моделируется как случайный процесс и может характеризоваться автокорреляцией или ее частотным спектром. Этот спектр является одним из свойств, необходимых для расчета эффектов шума на чувствительных схемах. Кроме того, форма спектра может дать представление об источнике шума.

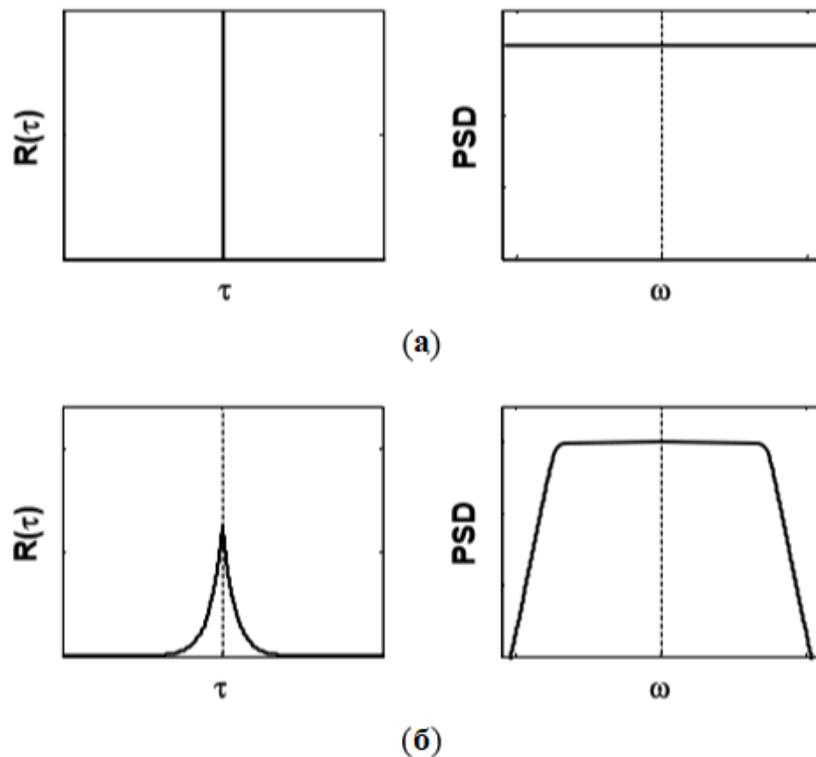


Рисунок 2.1. Автокорреляция и спектральная плотность мощности для а) белого шума и б) белого шума после ФНЧ

Для инвариантного по времени (также известного как стационарного) случайного процесса автокорреляция ( $R$ ) определяется как

$$R(T) = E[\text{vnoise}(t+T/2) \cdot \text{vnoise}(t-T/2)] \text{ (рисунок 2.1)}$$

где  $T$  представляет собой разделение двух образцов шума во времени, а  $E [ ]$  возвращает ожидаемое значение случайного процесса.

Преобразование Фурье автокорреляции дает спектральную плотность мощности (PSD) шумового процесса.

Например, как показано на рисунке 2.1.а, белый, нулевой средний шум имеет спектральную плотность, которая является плоской и бесконечно широкой – соответственно, ее автокорреляция является импульсом, величина которого задается дисперсией ( $\sigma \cdot \sigma$ ) шумового процесса.

Интуитивно понятно, что если шумовой процесс содержит высокочастотные компоненты, он будет меняться в течение короткого периода времени, и поэтому образцы шума, которые далеко друг от друга во времени, не будут коррелированы.

В качестве дополнительного примера взаимосвязи между автокорреляцией и спектром шума рассмотрим процесс белого шума с фильтрацией низких частот.

Фильтр распределяет каждый импульс шума во времени, и поэтому близко расположенные образцы шума сильно коррелируют друг с другом.

Как показано на рисунке 2.1.б, это приводит к тому, что автокорреляция становится более широкой, соответствующей форме импульсной характеристики фильтра.

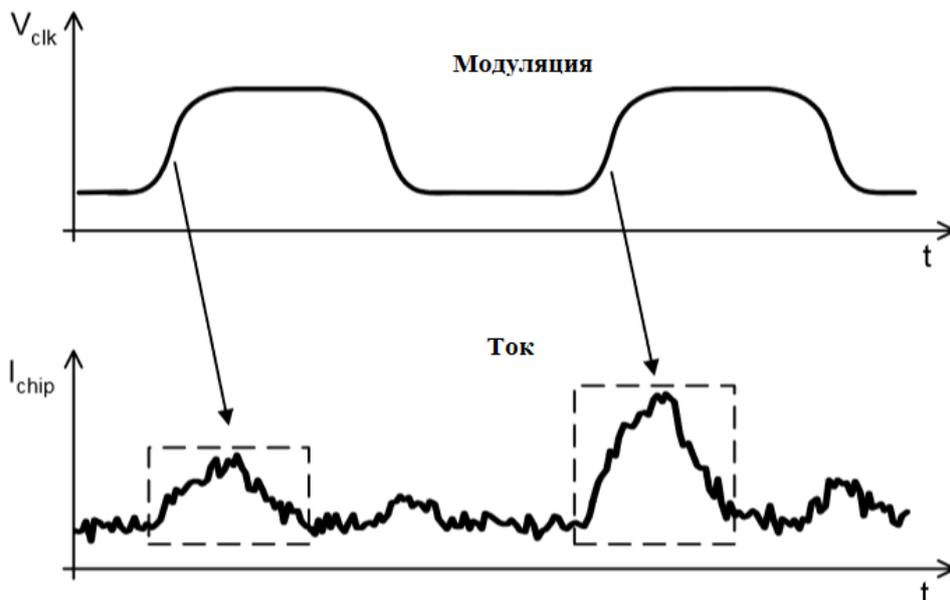


Рисунок 2.2. Пример модуляции тактовой частоты тока чипа

До сих пор обсуждение автокорреляции было ограничено стационарными шумовыми процессами, которые не менялись со временем. Большинство чипов работают синхронно с одним или несколькими генераторами тактовых импульсов, которые могут модулировать появление шумовых событий.

Например, как показано на рисунке 2.2, события переключения могут с большей вероятностью возникать в начале тактового цикла, чем в середине или в конце. Маловероятно, что из-за такой модуляции, свойства шума питания будут независимы от времени.

Однако, поскольку эта модуляция повторяется, в определенный момент времени по отношению к циклу свойства шума должны быть одинаковыми. Это известно как циклостационарный процесс и может быть охарактеризовано путем измерения автокорреляции (и, следовательно, PSD) шума в каждый момент времени цикла. Другими словами, автокорреляция  $R$  становится функцией как временного разделения  $T$ , так и времени в пределах цикла шума, при котором были взяты образцы.

Важнейшей характеристикой автокорреляции для измерительной системы является то, что она является средним статистическим свойством шума, и поэтому нам не нужно постоянно знать точное поведение шума, чтобы извлечь его частотное содержание. Частота измерения Найквиста измеряется минимальным интервалом времени между выборками, а не частотой повторения выборки, что значительно снижает требования к пропускной способности схем выборки. Еще одно преимущество измерения автокорреляции заключается в том, что любой некоррелированный, аддитивный шум, который является независимым между образцами (например, тепловой шум), может быть устранен, поскольку ожидаемое значение произведения двух некоррелированных шумовых условий равно нулю.

## Выводы

Сегодняшние маломощные, неизолированные регуляторы напряжения (VR) и точечные (POL) преобразователи, входное напряжение которых находится в диапазоне от 5 до 12 В, работают на частотах переключения, превышающих 1 МГц, тогда как преобразователи переменного тока, требующие изоляции трансформатора и

среднеквадратичное линейное напряжение которых составляет от 90 до 265 В, обычно работают с частотами коммутации в диапазоне 80-200 кГц.

Важнейшей характеристикой автокорреляции для измерительной системы является то, что она является средним статистическим свойством шума, и поэтому нам не нужно постоянно знать точное поведение шума, чтобы извлечь его частотное содержание. Еще одно преимущество автокорреляции – любой некоррелированный, аддитивный шум, который является независимым между образцами (например, тепловой шум), может быть устранен, поскольку ожидаемое значение произведения двух некоррелированных шумовых условий равно нулю.

### Литература

1. Milan M. Jovanovic, “Power Supply Technology – Past, Present, and Future”, 14.08.2014
2. S. Watkins, “History and development of switch-mode power supplies pre 1987”.
3. H.H. Chen and J.S. Neely, “Interconnect and Circuit Modeling Techniques for Full-Chip Power Supply Noise Analysis”, IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology, Part B, vol. 21, no. 3, Aug. 1998, pp. 209-215.
4. G. Steele, D. Overhauser, S. Rochel, and S.Z. Hussain, “Full-Chip Verification Methods for DSM Power Distribution Systems,” IEEE Design Automation Conference, Jun. 1998.
5. Elad Alon, “Measurement and regulation of on-chip power supply noise”, Dissertation, December 2006.
6. A. Muhtaroglu, G. Taylor, and T. Rahal-Arabi, “On-Die Droop Detector for Analog Sensing of Power Supply Noise,” IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 39, pp. 651-660, Apr. 2004.
7. K. Poulton et al., “A 20GS/s 8b ADC with a 1MB Memory in 0.18 $\mu$ m CMOS,” IEEE International Solid-State Circuits Conference, Feb. 2003.
8. A. Leon-Garcia, Probability and Random Processes for Electrical Engineering, Addison-Wesley Pub. Co.; 2nd edition, July 1993.
9. B.J. Skinner, F.M. Ingels, and J.P. Donohoe, “Stationary and cyclostationary random process models”, in Proceedings of the IEEE Southeastcon '94, pp. 450454, Apr. 1994.
10. Батенков, К.А. Алгоритм формирования несущих колебаний для линейного канала связи с аддитивным белым гауссовским шумом // Телекоммуникации. 2008. №3. С. 10-15.

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.622:556.043

### РАЗРАБОТКА WEB-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ БЕРЕГОВ, СОСТОЯНИЯ И РЕЖИМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДООХРАННЫХ ЗОН ВОДОХРАНИЛИЩ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ OPENLAYERS

### DEVELOPMENT OF WEB-CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR MONITORING THE STATE OF THE COAST, THE STATE AND MODES OF USE OF WATER PROTECTION ZONES OF RESERVOIRS USING THE OPENLAYERS LIBRARY

Ткаченко И.В., Недоцуков А.С., Борох Н.Д.,  
ФГБУ «РосИНИВХЦ»,  
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

I.V. Tkachenko, A.S. Nedotsukov, N.D. Borokh,  
FSBI “RosSRIWMC”, Rostov-on-Don, Russian Federation

e-mail: uch-sekrwxc.shemet@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность публикации картографических данных в интернете, а именно создание веб-страницы, позволяющей это сделать, а также основные требования к ней, программные средства, используемые при разработке, и причины, по которым данная задача имеет большое значение для ФГБУ РосИНИВХЦ. Основной целью интерактивной веб-картографии является возможность отображения пространственной информации наиболее быстрым и простым путем, обеспечивающим ее успешное использование пользователями, которые не являются специалистами в области ГИС или картографии. Предоставляемые в сети услуги доступны через интерактивные каталоги, которые содержат метаданные геопространственной информации и средства для работы с этими. Карты в Интернете чаще всего используются для проведения поиска нужных геопространственных данных, просмотра картографической основы и оценки степени покрытия нужных территорий этими данными.

Основанная на JavaScript библиотека с открытым исходным кодом OpenLayers, на основе программного интерфейса (API), позволяет создавать и отображать картографические материалы, полученные с различных серверов в различных форматах и легко работать с данными картографических сервисов. В статье рассматривается применение OpenLayers на примере создания web-картографического обеспечения геоинформационных данных мониторинга состояния берегов, состояния и режимов использования водоохраных зон водохранилищ.

**Abstract.** The article discusses the issue of publishing map data on the Internet, namely the creation of a web page that allows it, as well as the basic requirements for it, the software used in the development, and the reasons why this task is important for FSBI “RosSRIWMC”. The main purpose of interactive web-cartography is the ability to display spatial information in the fastest and simplest way to ensure its successful use by users who

are not experts of GIS or cartography. Web-based services are available through online catalogs that contain metadata for geospatial information and tools for working with these. Maps on the Internet are most often used to search for the necessary geospatial data, view the cartographic base and estimate the extent to which the desired territories are covered with this data.

Based on a software interface (API), OpenLayers, an open source JavaScript library, allows you to create and display cartographic materials received from various servers in various formats and easily work with cartographic services data. The article discusses the use of OpenLayers on the example of creating a web-mapping of geo-information data of monitoring the state of the coast, the state and modes of use of water protection zones of reservoirs.

**Ключевые слова:** OpenLayers, PostgreSQL, PostGIS, JavaScript, геоинформационные данные, картография.

**Keywords:** OpenLayers, PostgreSQL, PostGIS, JavaScript, geo-information data, cartography.

Разработка web-картографического обеспечения занимает одно из приоритетных мест в деятельности ФГБУ РосИНВХЦ. Это позволяет пользователям получать быстрый доступ к геопространственной информации при наличии сети Интернет и любого современного браузера.

Многие сервисы, предоставляющие картографические данные, имеют ограничения, связанные с неактуальностью или неполнотой предоставляемых данных, а также невозможностью взаимодействовать с ними в интерактивном режиме.

Для создания web-картографического обеспечения, с учетом необходимости обхода вышеназванных ограничений, требуются несколько составляющих:

- СУБД с возможностью хранения координат в различных географических системах и импорта shape-файлов,
- веб-сервер, позволяющий подключаться к базам пространственных данных под управлением СУБД и предоставлять их клиенту в виде векторных карт в заданных условных знаках,
- клиентский сервис для публикации пространственных данных по различным протоколам и web-интерфейс для отображения картографических материалов [1].

База геопространственных данных представлена в реляционной базе данных PostgreSQL с расширением PostGIS [2, С. 143-178], добавляющим поддержку географических данных с типом «Geometry».

В качестве средства для обеспечения удаленного доступа к картографическим данным выступают продукты компании АО Конструкторское бюро «Панорама»:

- ГИС сервер – комплекс программного обеспечения для хранения и доступа к картам для редактирования через настольное приложение;
- ГИС WebService SE – сервис, который позволяет публиковать пространственные данные по протоколам: OGC WMS, OGC WMTS, OGC WFS, OGC WFS-T, OGC WCS и работает на различных операционных системах.

Web-интерфейс создан с помощью библиотеки OpenLayers.

Взаимодействие описанных компонентов представлено на рисунке 1.

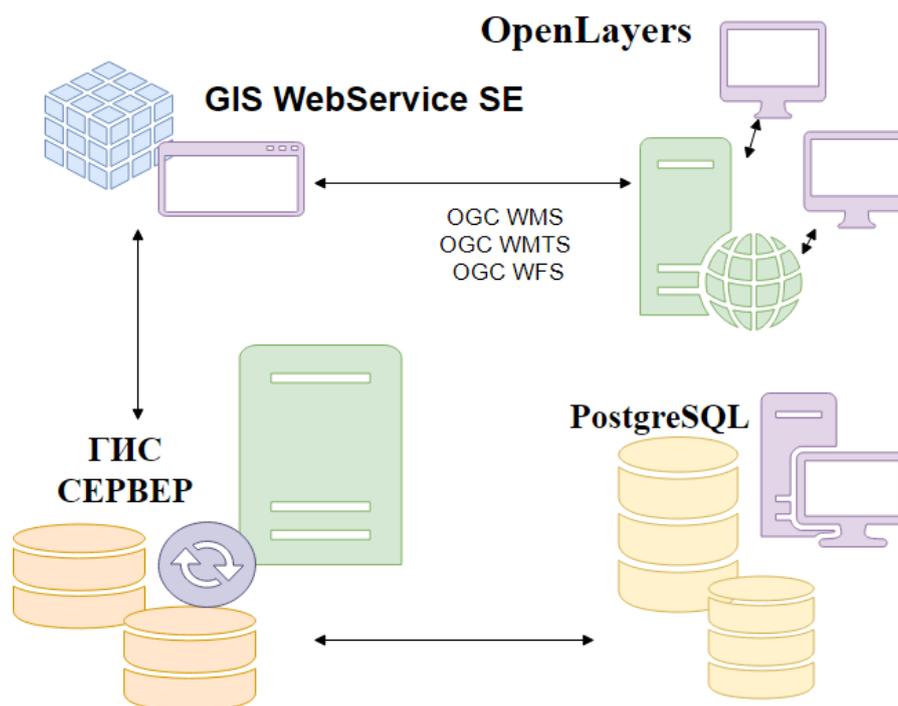


Рисунок 1. Взаимодействие серверных приложений с клиентским web-интерфейсом

Интерфейс, разработанный с помощью библиотеки OpenLayers, предоставляет пользователю следующие возможности:

- отображать объекты из базы на карте с соответствующим символом из библиотеки условных знаков;
- идентифицировать объекты карты;
- выводить информацию о выбранном объекте из атрибутивной таблицы слоя, в который входит этот объект;
- автоматически управлять отображением и скрыванием слоев при изменении масштаба карты;
- осуществлять поиск объектов на карте в окрестностях произвольной точки;
- осуществлять ручное управление отображением и скрыванием слоев или групп слоев;
- переходить в полноэкранный режим при работе с картой;
- выделять на карте произвольную область для дальнейшего экспорта или печати карты с отображением установленного выделения;
- измерять расстояния между произвольными точками на карте и измерять площадь произвольной области;
- отображать необходимые данные следующего вида: картооснову для нанесения геопространственных данных, векторные карты, отображающие границы береговых линий и подробную карту местности береговой линии, растровое представление объектов по координатам из базы [3].

В качестве картоосновы использована OpenStreetMap. Это некоммерческий веб-картографический проект по созданию подробной свободной и бесплатной географической карты мира. Помимо визуализации WMS и WFS слоев на единой веб-карте с помощью OpenLayers [4, С. 14-21] добавлены следующие возможности: панель навигации с кнопками увеличения и уменьшения масштаба, сдвиг карты при помощи мыши, изменение масштаба карты при прокрутке среднего колеса мыши, получение

координат точки, над которой находится указатель. Все условные обозначения для слоя в WMS сервисах скрыты по умолчанию, поэтому для доступа к условным обозначениям для каждого слоя WMS сервиса требуется отправить отдельный запрос на сервер, картографический ответ на который представлен на рисунке 2.

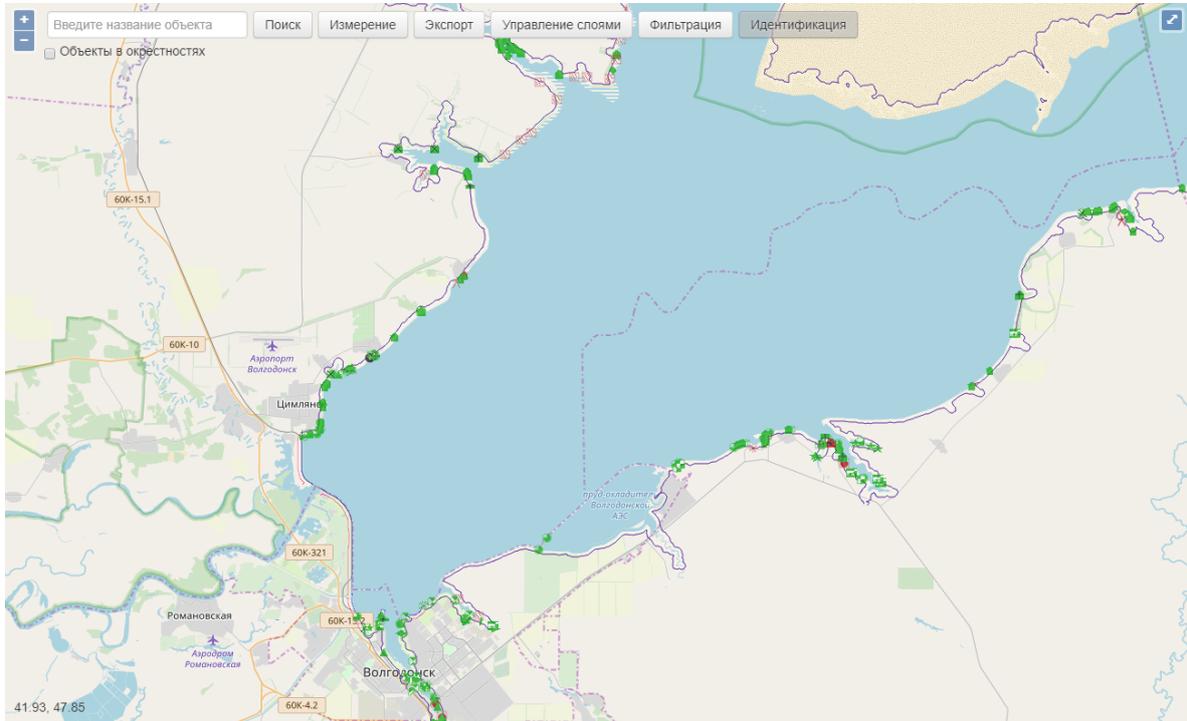


Рисунок 2. Вывод объектов на клиентской web-карте

Встроенный в OpenLayers инструмент для экспорта карты в формате .png и .pdf сохраняет карту только в полном объеме. Для реализации возможности выделения части карты, а также сохранения ее на локальное устройство необходимо использовать библиотеку JavaScript html2canvas, которая считывает DOM и рисует присутствующие там объекты средствами canvas, а также имеет width, height, x и y параметры, их можно использовать для учета вертикальных и горизонтальных координат в пределах клиентской области приложения. Практическая реализация данного средства представлена в листинге 1.

```

Листинг 1. Реализация сохранения выделенной части карты
html2canvas(document.getElementById("map"), {
  width: Math.abs(dragStart.x - dragEnd.x),
  height: Math.abs(dragStart.y - dragEnd.y),
  x: Math.min(dragStart.x+shift_x, dragEnd.x+shift_x),
  y: Math.min(dragStart.y+shift_y, dragEnd.y+shift_y),
})
.then( function(canvas) {
  var blob = canvas.msToBlob();
  window.navigator.msSaveBlob(blob,'map.png');
  dragStart.x = dragStart.y = dragEnd.x = dragEnd.y = 0;
})

```

Для получения информации по конкретному объекту в OpenLayers предусмотрена опция `ol.format.WMSGetFeatureInfo`, которая использует `ol.format.GML2`, чтобы считывать данные со слоя. Так как слои представления объектов и карты местности могут совпадать, нужно указывать сервису, с какого слоя считывать информацию по конкретному объекту.

Для реализации поиска по карте в окрестностях произвольной точки необходимо добавить к карте дополнительный векторный слой в форме окружности, радиус которой будет определять пользователь. Далее перевести градусы широты центральной точки окружности в километры и использовать теорему Пифагора для получения погрешности нахождения отдельного объекта WMS-слоя от центральной точки. Если эта погрешность меньше заданного радиуса, то необходимо считать, что объект находится в окрестностях произвольной точки. Общая реализация данного метода представлена в листинге 2.

Листинг 2. Реализация общего метода нахождения точек внутри заданной окружности

```
function arePointsNear(checkPoint, centerPoint, km) {
    var ky = 40000 / 360;
    var kx = Math.cos(Math.PI * centerPoint.lat / 180.0) * ky;
    var dx = Math.abs(centerPoint.lng - checkPoint.lng) * kx;
    var dy = Math.abs(centerPoint.lat - checkPoint.lat) * ky;
    return Math.sqrt(dx * dx + dy * dy) <= km;
}
```

## Выводы

Таким образом, любой пользователь может увидеть веб-карту, получить информацию по интересующему его объекту или части карты и использовать ее в дальнейшем по своему усмотрению. Информация по конкретному объекту зависит от данных в базе и специфических семантических характеристик, добавленных при обработке данных на ГИС сервер. Этот функционал особенно актуален при просмотре сведений о конкретных объектах, расположенных на карте без отображения всех данных сразу, информации по которым нет на глобальных картах (yandex maps, google maps).

Данная разработка показывает, как создать веб-картографическое обеспечение для отображения геопространственных данных узкой направленности – объектов, расположенных в пределах водоохраных зон, полученных в результате мониторинга состояния водных объектов.

## Литература

1. Сайт разработчиков СУБД PostgreSQL. [Электронный ресурс]. 2019. <https://www.postgresql.org/>
2. PostGIS in Action / Regina O. Obe and Leo S. Hsu Foreword by Paul Ramsey, 2015 – С. 143-178.
3. Сайт разработчиков библиотеки OpenLayers. [Электронный ресурс]. 2019. <https://openlayers.org/>
4. Perez A.S. OpenLayers Cookbook / A.S. Perez. – Packt Publishing, 2012. – P. 14-21.

УДК 004.94

**СРАВНЕНИЕ САПР  
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКИ****COMPARISON OF CAD  
FOR DESIGNING OIL AND GAS PROCESSING OBJECTS**

Ахметшина Д.А., Христодуло А.Н.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

D.A. Ahmetshina, A.N. Khristodulo,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: fapps@ya.ru

**Аннотация.** Данная работа является анализом так называемых «тяжелых» САПР, применяемых при проектировании крупных промышленных объектов нефтегазопереработки. В них реализована концепция информационного моделирования в трехмерной среде, включая управление инженерными данными непосредственно в САПР либо через дополнительные модули ПО. В статье рассмотрены наиболее популярные САПР: AutoCAD Plant 3D от компании Autodesk, OpenPlant от компании Bentley, SmartPlant от компании Intergraph и Everything3D (PDMS) от компании Aveva. Приведены названия различных модулей программного оборудования и задачи, которые они решают: трёхмерное проектирование трубопроводов и технологических объектов, проектирование технологических схем с КИПиА, проектирование металлоконструкций, проектирование железобетонных конструкций, трассировка кабелей, программы для разработки документации раздела автоматизации, программы для разработки документации раздела электротехники. Дана краткая характеристика компаний, представляющих свои программные продукты. На основании этих данных приведены достоинства и недостатки каждой САПР такие как: требования к аппаратному обеспечению, производительность, стоимость, функционал, интерфейс, открытость программы для доработки, настройка программ, техническая поддержка и др. В заключение статьи авторами изложены прогнозы продвижения САПР на промышленном рынке.

**Abstract.** This work is an analysis of the so-called “heavy” CAD systems used in the design of large industrial oil and gas processing facilities. They implemented the concept of information modeling in a three-dimensional environment, including the management of engineering data directly in CAD or through additional software modules. The article describes the most popular CAD systems: AutoCAD Plant 3D (Autodesk), OpenPlant (Bentley), SmartPlant (Intergraph) and Everything3D/PDMS (AVEVA). The names of various software modules and tasks that they solve are presented: three-dimensional design of pipelines and technological objects, design of technological schemes with instrumentation and automation, design of metal structures, design of reinforced concrete structures, cable routing, software for developing documentation of the automation section, software for developing documentation for the electrical engineering section. A brief description of the companies representing their software products are represented in the article. Based on these data, the advantages and disadvantages of each CAD system are given, such as: hardware

requirements, performance, cost, functionality, interface, openness of the program for refinement, program setup, technical support, etc. In the conclusion of the article, the authors set out forecasts for the advancement of CAD in the industrial market.

**Ключевые слова:** проектирование, программные продукты, трехмерное проектирование, САПР, AVEVA, Autodesk, Bentley, Intergraph.

**Keywords:** design, software, three-dimensional design, CAD, AVEVA, Autodesk, Bentley.

Проектирование крупных промышленных объектов нефтегазопереработки процесс весьма трудоемкий, он подразумевает работу с большим количеством информации, создаваемой на разных стадиях выполнения проекта различными организационно-структурными подразделениями. При этом информация (инженерные данные) меняется и обновляется на протяжении всего жизненного цикла объекта строительства.

Для успешного решения поставленной задачи необходимы технологии по координации и управлению массивными потоками данных в единой интегрированной среде.

В этом нам на помощь приходят промышленные, так называемые «тяжелые» САПР включающие функционал трехмерного проектирования. В них реализована концепция информационного моделирования в трехмерной среде, включая управление инженерными данными непосредственно в САПР либо через дополнительные модули ПО.

Рассмотрим наиболее популярные САПР: AutoCAD Plant 3D от компании Autodesk, SmartPlant от компании Intergraph, OpenPlant от компании Bentley и Everything3D (PDMS) от компании Aveva.

Как было отмечено выше, для полноценного проектирования объектов важна совместная работа различных структурных подразделений, таких как: монтажный отдел, строительный отдел, технологический отдел, отдел автоматизации и др.

Причем, каждому из перечисленных структурных подразделений требуется как отдельный специализированный продукт (а иногда и несколько продуктов) для разработки соответствующего раздела проекта, так и среда сквозного проектирования, позволяющая вести разработку документации, обмен заданиями и данными совместно со смежными отделами.

Например, отделом автоматизации для создания функциональных схем обычно используется интегрированная среда разработки монтажно-технологических схем, а для трассировки кабелей – 3D модель проектируемого объекта.

В таблице 1 приведены названия различных модулей ПО Aveva, Bentley, Autodesk, Intergraph и задач, которые они решают.

Помимо приведенных модулей ПО, существует большое разнообразие других, не менее полезных вспомогательных модулей, например, реализующих функции проверки на коллизии, работы с облаками точек (множество точек, полученное в результате трехмерного сканирования объекта), обмена информацией между разными модулями ПО и др.

С полным перечнем различных модулей ПО можно ознакомиться на официальных сайтах компаний.

Таблица 1 – Задачи, решаемые программным обеспечением компаний Aveva, Bentley, Autodesk, Intergraph

Компания	Трёхмерное проектирование трубопроводов и технологических объектов	Проектирование технологических схем с КИПиА	Проектирование металлоконструкций, железобетонных конструкций	Трассировка кабелей	Специализированная программа для разработки документации раздела автоматизации	Специализированная программа для разработки документации раздела электротехники
Autodesk	AutoCAD Plant 3D	AutoCAD P&ID <sup>1)</sup>	Revit, Steel Advance	Revit MEP	-	AutoCAD Electrical <sup>2)</sup>
Bentley	OpenPlant Modeler <sup>3)</sup>	OpenPlant PowerPID <sup>3)</sup>	ProStructures, ProSteel	Raceway and Cable Management	Promis.e	Promis.e
Intergraph	SmartPlant3D	SmartPlant P&ID	SmartPlant3D	SmartPlant3D	Instrumentation	Electrical
Aveva	PDMS или Everything3D	Diagrams	Bocad Steel <sup>4)</sup>	Cable Design <sup>5)</sup>	Instrumentation, Engineering	Electrical

<sup>1)</sup> Входит в пакет AutoCAD Plant 3D

<sup>2)</sup> Функционал ограничен в части интеграции с линейкой ПО Autodesk

<sup>3)</sup> На платформе MicroStation

<sup>4)</sup> Некоторые функции входят в пакет Everything3D

<sup>5)</sup> Входит в пакет Everything3D

Можно сделать вывод, что рассмотренные компании предлагают программные продукты, практически полностью удовлетворяющие нужды инженеров-проектировщиков. Каждая проектная организация может закупать отдельные программные продукты или пакеты программ для использования в работе. При этом успешное внедрение ПО будет зависеть не только от выбора той или иной компании производителя, но и от оптимального подбора пакета программных продуктов под конкретный спектр решаемых задач.

Рассмотрим подробнее компании и программные продукты, указанные в вышеприведенной таблице.

Компания Autodesk является мировым лидером в области разработки решений для проектирования, графики, дизайна и анимации. Разработчик широко распространенной программной среды для черчения AutoCAD. В сентябре 2009 года Autodesk объявил о наличии собственного программного обеспечения для комплексного трехмерного проектирования технологических объектов – AutoCAD Plant 3D, использующего собственное геометрическое ядро ASM.

Проектирование технологических схем осуществляется в специализированном модуле AutoCAD P&ID, входящем в состав AutoCAD Plant 3D. Для детального проектирования металлических и железобетонных конструкций предполагается использование специализированного ПО, которое лицензируется отдельно. С системой поставляется каталог импортных материалов и изделий, при этом пользователь может самостоятельно разработать каталог необходимых материалов и изделий российского производства. AutoCAD Plant 3D базируется на платформе AutoCAD, что обеспечивает простоту и полноту функций оформления получаемой из системы документации.

AutoCAD Plant 3D обладает более низкой стоимостью по сравнению с AVEVA PDMS, Bentley OpenPlant и Intergraph SmartPlant, но уступает по производительности

конкурентам. Это негативно сказывается на скорости работы системы с проектами большого размера. Таким образом, продукты Autodesk в области САПР-проектирования промышленных объектов являются скорее «догоняющими» и на данный момент отстают от своих конкурентов, которые уже давно представлены на этом рынке.

Возможно, компания Autodesk делает ставку на Revit, как на перспективную комплексную систему трехмерного моделирования. Для примера, на прошедшей в 2018 году конференции Autodesk University в Москве было представлено 50 докладов по теме Revit и ни одного доклада по теме AutoCAD Plant 3D.

Пользователями AutoCAD Plant 3D в России являются компании: ГК «Неолант», ООО «Газпром проектирование», ООО «Тюменьнефтегазпроект» и др.

Bentley Systems – компания по разработке программного обеспечения, была основана в 1984 году. Bentley MicroStation является профессиональной, высокопроизводительной системой автоматизированного проектирования, применяемой при создании крупных производственных объектов. Система использует геометрическое ядро Parasolid, обеспечивающее высокую производительность при работе с большими наборами данных, что является характерным для проектов указанных производств.

Для проектирования нефтегазоперерабатывающих и нефтегазохимических объектов компанией Bentley разработаны специализированные модули на платформе MicroStation под общим наименованием OpenPlant. Работа с применением этих модулей ведётся в единой среде, что обеспечивает связность проектных решений. Соответственно, проектирование технологических схем осуществляется в модуле OpenPlant PowerP&ID, пространственная компоновка технологического оборудования и трубопроводов в модуле OpenPlant Modeler, а оформление рабочей документации в модулях OpenPlant Orthographics Manager и OpenPlant Isometrics Manager.

Для задач детального проектирования металлоконструкций и железобетонных конструкций предполагается использование специализированного ПО, которое лицензируется отдельно.

Особенностью продуктов Bentley является довольно сложная настройка под нужды каждой проектной или эксплуатирующей организации. Эта настройка требует высокого профессионального уровня от администраторов САПР и программистов, которые будут осуществлять внедрение и сопровождение ПО в компании-пользователе.

Проектирование промышленных объектов с использованием Bentley MicroStation в России осуществляют следующие компании: ПАО «Гипротюменьнефтегаз», ООО «ТюменьНИИгипрогаз», ПИ «Союзхимпромпроект», ООО «Башгипронефтехим» и др.

Intergraph Corporation – американская компания, основанная в 1969 году, является поставщиком инженерного и геоинформационного программного обеспечения, которое позволяет визуализировать сложные пространственные данные.

Один из продуктов компании Intergraph – SmartPlant. Данная САПР рассчитана на поддержку работы распределенной группы специалистов различного профиля над проектами промышленных объектов повышенной сложности.

SmartPlant не уступает по функционалу аналогичным продуктам от Aveva или Bentley. SmartPlant включает следующие модульные компоненты:

- 3D моделирование и визуализация,
- управление информацией,
- инжиниринг и схемы,
- управление поставками материалов и управление проектами,
- расчеты и др.

Эти приложения могут использоваться индивидуально или как единое интегрированное решение. В то же время, SmartPlant обладает ограниченными возможностями для доработки, имеет сложный пользовательский интерфейс и слабую техническую поддержку на территории РФ.

Несмотря на значительные недостатки SmartPlant, САПР прочно закрепилась на рынке России, как результат тесного взаимодействия по крупным проектам с европейскими и североамериканскими компаниями, в которых данная система широко распространена.

Пользователями SmartPlant в России являются компании: ООО НИПИ НГ «Петон», ООО «РН-УфаНИПИнефть» и др.

Aveva – британская компания, основанная в 1967 году. В процессе разработки своих программных продуктов компания Aveva концентрируется на создании полноценной рабочей среды, состоящей из различных дополняющих друг друга модулей. Самым популярным модулем является модуль PDMS (Plant Design Management System). Созданный еще в 1970-е годы, PDMS применяется в проектировании сложных промышленных производств по всему миру. Он предназначен для трехмерного проектирования трубопроводов и технологических объектов, зачастую проектные организации ограничиваются приобретением именно этого модуля.

Модуль Diagrams предназначен для создания схемной части проекта.

Модуль Vocad Steel для проектирования металлоконструкций.

Модуль Engineering для работы с единой базой данных технологических параметров, оборудования, арматуры и др.

В настоящее время на смену модулю PDMS пришел модуль Aveva Everything3D. При приобретении модуля Everything3D проектная организация получает возможность не только трехмерного проектирования, а также возможность загрузки облака точек, обмена данными с приложением Diagrams, проектирования кабелей и кабельных лотков и другие функции, отвечающие современным требованиям инженеров проектных организаций нефтегазоперерабатывающих производств.

Освоение системы упрощается благодаря огромному количеству переведенных на русский язык руководств, регулярного проведения вебинаров, системы обучающих тренингов для пользователей и администраторов, существующий на территории РФ офис полноценной технической поддержки.

Следует также отметить, что система максимально открыта для доработки.

Программные комплексы Aveva используют в своей работе следующие российские компании: ООО «БашНИПИнефть», ПАО «ВНИПИгаздобыча», ООО «Ленгипронефтехим», ОАО «ВНИПИнефть», ООО ПИ «СГНХП» и др.

В таблице 2 приведены достоинства и недостатки рассматриваемых программных продуктов.

Таблица 2 – Достоинства и недостатки программных продуктов.

	Недостатки	Достоинства
AutoCAD Plant 3D (Autodesk)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокие требования к аппаратному обеспечению</li> <li>• Низкая производительность при работе с большим количеством данных</li> <li>• По функционалу отстают от конкурентов</li> <li>• Основана на файлах в формате .dwg (зацикленность на файловой системе)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Привычный интерфейс для пользователей AutoCAD</li> <li>• Низкая стоимость по сравнению с Bentley и Aveva</li> </ul>

Продолжение таблицы 2

	Недостатки	Достоинства
MicroStation / OpenPlant (Bentley)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерфейс на английском языке</li> <li>• Высокая стоимость</li> <li>• Сложная настройка</li> <li>• Мало распространена в России</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая производительность при работе с большим количеством данных</li> <li>• Широкий функционал</li> </ul>
SmartPlant (Intergraph)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сложный пользовательский интерфейс на английском языке</li> <li>• Высокая стоимость</li> <li>• Слабая техническая поддержка на территории РФ</li> <li>• Закрытость для доработки и адаптации</li> <li>• Отсутствие стратегии обновления ПО (возможно только устранение системных ошибок)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая производительность при работе с большим количеством данных</li> <li>• Широкий функционал</li> </ul>
PDMS/Everything3D (Aveva)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая стоимость</li> <li>• Открытость программы для доработки, что также является и недостатком, так как требует наличия в штате IT-специалистов с базовыми знаниями программирования.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Открытость программы для доработки</li> <li>• Техническая поддержка на территории РФ</li> <li>• Высокая производительность при работе с большим количеством данных</li> <li>• Широкий функционал</li> </ul>

Следует упомянуть, что ПО линейки AVEVA менее требовательно к аппаратному обеспечению в сравнении с тремя другими рассматриваемыми системами: PDMS без какого-либо снижения скорости кадров работает при использовании обычных видеокарт среднего ценового сегмента, в то время как Autodesk Plant 3D для приемлемой работы предполагает использование специализированных дорогостоящих видеокарт, а Bentley OpenPlant для работы с крупными проектами использует большое количество оперативной памяти и ресурсов процессора. Intergraph SmartPlant в свою очередь требователен к серверной части оборудования, для хранения и обработки больших объемов данных нужны мощные вычислительные машины.

Помимо перечисленных продуктов для проектирования также можно отметить САПР – EPLAN Software. EPLAN предлагает платформу для сквозного проектирования, охватывающего следующие отрасли: электротехника, КИПиА, гидравлика/пневматика и механика. Недостатком EPLAN, является отсутствие модуля для 3D проектирования трубопроводов, как следствие эта САПР не позволяет полноценно проектировать объекты нефтегазопереработки и требует интеграции со сторонними 3D САПР.

## Выводы

Каковы же прогнозы продвижения САПР на промышленном рынке?

На данный момент продукты Autodesk уступают по функционалу Bentley, Aveva и Intergraph, и могут составлять конкуренцию лишь в нише проектирования объектов нефтегазопереработки небольшой информационной емкости (например, отдельных технологических узлов, компактных блочно-модульных установок т.п.). Autodesk охватывает значительное количество направлений, что усложняет совершенствование продуктов AutoCAD Plant 3D. Можно предположить, что к этим продуктам обратятся пользователи, которые еще только задумываются о выборе инструмента для 3-D

проектирования, как к наиболее известным представителям рынка ПО и более доступным по цене. С другой стороны, пользователи продуктов Aveva, Bentley и Intergraph предпочитают остаться на прежней платформе: сложно отказаться от технологии, в которую вложено немало затрат, ведь многие проектные организации, работающие в области нефтегазопереработки и нефтегазохимии, обладают достаточными наработками, адаптирующими САПР для нужд предприятия.

Преимущества программных продуктов от компании Aveva, сочетающих в себе высокую производительность, гибкую настройку под нужды пользователя и широкий функционал, в настоящее время делают применение данного ПО на российском рынке проектирования более перспективным и технически обоснованным.

УДК 004.942

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ ПРИ ТРАССИРОВАНИИ ТРАСС

### AUTOMATED DESIGN SYSTEMS AND THEIR APPLICATION DURING TRASS TRASSING

Султанова Е.А., Евтягина И.О.,

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

E.A. Syltanova, I.O. Evtyagina,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: black7070@list.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог, применяемые при дорожном строительстве, такие как AutoCAD Civil 3D компании Autodesk (США), Топоматик Robur научно-производственной фирмы «Топоматик» (Россия), Кредо – дороги научно-производственного объединения «Кредо-Диалог» (Беларуссия), IndorCAD компании «ИндорСофт» (Россия), а также основные возможности данных программных продуктов. В ходе работы производится обзор востребованных на рынке систем, как российского, так и иностранного производства, изучаются их функциональные возможности касательно проектирования линейно-протяженных сооружений, таких как автомобильные и железные дороги, трубопроводы, сети канализации и водоснабжения, а также рассматривается процесс трассирования и используемый при этом инструментарий, имеющийся у данных программ. Также рассматриваются преимущества, которыми обладают системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог, к которым относится: внедрение прогрессивных методов проектирования, снижение стоимости строительства, многовариантное проектирование, использование математического моделирования, экономия времени при проектировании вследствие повышения эффективности деятельности специалистов. Кроме этого в статье выделяются основные этапы процесса проектирования дороги с помощью систем автоматизированного проектирования.

Данные этапы характерны для большинства рассмотренных в работе систем проектирования автомобильных дорог.

**Abstract.** The article discusses the computer-aided design of roads used in road construction, such as AutoCAD Civil 3D by Autodesk (USA), Topomatic Robur of the Topomatic Research and Production Company (Russia), Credo - the roads of the Credo-Dialog Scientific Production Association (Belarus), IndorCAD of the company IndorSoft (Russia), as well as the main features of these software products. During the work, a review of systems in demand on the market, both Russian and foreign, is being carried out, their functionality is being studied regarding the design of linearly extended structures, such as roads and railways, pipelines, sewerage and water supply networks, and the process of tracing and while the tools available to these programs. It also discusses the advantages of computer-aided design of highways, which include the introduction of advanced design methods, reducing the cost of construction, multi-design, the use of mathematical modeling, saving time in the design as a result of increasing the efficiency of specialists. In addition, the article highlights the main stages of the road design process using computer-aided design systems. These stages are typical for the majority of motorway design systems considered in operation.

**Ключевые слова:** дорожное строительство, системы автоматизированного проектирования, автомобильные дороги, трассирование, трассы, линейно-протяженные сооружения.

**Keywords:** road construction, computer-aided design systems, highways, tracing, highways, linearly extended structures.

На протяжении длительного времени при проектировании автомобильных дорог активно используются системы автоматизированного проектирования. Данные системы можно определить, как комплекс программных, методических, информационных средств, который позволяет автоматизировать различные инженерные задачи.

При автодорожном строительстве использование данных систем позволяет не только собирать и обрабатывать данные о рельефе местности, но и строить по этим данным информационные модели лежащие в основе создания проектируемой трассы, а также получать чертежи, разрабатывать проектно-сметную документацию и выполнять другие задачи, решаемые при проектировании.

На рынке присутствуют САПР для проектирования трасс как российского, так и иностранного производства, отличающиеся функционалом, эксплуатационными характеристиками, сложностью внедрения и обучения персонала и ценовой политикой [6].

Существующие сегодня САПР, обычно, способны выполнять следующее:

- формировать цифровые модели местности, на которой будет строиться трасса;
- реализовывать трассирование автомобильной дороги;
- создавать продольный и поперечный профили автодороги;
- проектировать дорожную одежду;
- размещать искусственные сооружения на полученной модели;
- оценивать проектные решения;
- оперативно вносить корректировки в уже существующие модели.

С каждым годом список задач, которые позволяют решать САПР автомобильных дорог расширяется, позволяя проектировщикам выбирать оптимальное решение для стоящих перед ними целей.

Рассмотрим САПР, которые наиболее часто применяются при проектировании трасс.

AutoCAD Civil 3D – система автоматизированного проектирования, разрабатываемая компанией Autodesk, направленная на работу с объектами инфраструктуры, позволяющая создавать документацию по ним. Она позволяет осуществлять проектирование в области геодезии, топографии, проектирования линейно-протяженных объектов, к которым относятся автомобильные дороги [6].

Важной особенностью данного программного продукта является возможность использования динамической проектной модели, которая позволяет своевременно осуществлять изменение проекта по мере необходимости, не зависимо от стадии проектирования. Данная САПР позволяет в едином интерфейсе объединить работу всех групп проектировщиков, участвующих в проекте.

Функционал данной системы позволяет использовать данные, полученные от геодезического оборудования и на их основании автоматически сформировать цифровую модель местности, основываясь на которую и будет проектироваться объект инфраструктуры.

При проектировании автомобильных трасс имеется возможность применять проектные ограничения, при этом проектировщик может не отслеживать их соблюдение, система способна самостоятельно в автоматическом режиме осуществлять их проверку.

Также проектировщик имеет доступ к инструментам, применяемым при трассировании линейно-протяженных объектов, позволяющим создавать сложные переходных кривых, совмещения сложных участков проектируемой дороги. Трасса в данной САПР отображается в виде динамического коридора, при изменении элемента которого происходит автоматическое изменение объектов, связанных с ним. Это позволяет оперативно вносить данные в существующую модель на любом этапе проектирования [6].

Autodesk AutoCAD Civil 3D активно применяется в сферах проектирования транспортных сооружений, инженерно-геодезических изысканиях, разработке трубопроводных сетей, а также при проектировании и оформлении генеральных планов.

Стоит упомянуть, что система способна осуществлять проектирование железных дорог, сетей водоснабжения и канализации, а также трубопроводов различного назначения, протяженности, вида.

Топоматик Robur-Автомобильные дороги является САПР, применяемым для создания трасс. Представляет собой многофункциональный программный продукт, который позволяет обеспечить сквозной технологический процесс от обработки геодезических изысканий до выноса проекта в натуру и его инженерного сопровождения [6].

Система позволяет загружать данные с геодезических приборов, производить привязку изменений к точкам поверхности.

Кроме традиционных инструментов для работы с планом, профилем, цифровой моделью местности, Топоматик Robur имеет в своем составе блок задач, отвечающий за выравнивание покрытия, расчет дорожной одежды, оценки проектных решений и визуализации проекта.

Система позволяет сразу нескольким проектировщикам работать над одним проектом. Трассу можно разделить на участки, и каждый инженер может редактировать свой участок дороги [6]. При этом в рабочем окне программы весь проектируемый объект отображается полностью. Внесенные изменения вступают в силу после сохранения проекта.

Помимо этого, в данной программе возможно создавать тротуары, бордюры, конструктивные слои и другие элементы, которые отображаются с привязкой к смещениям, профилям и границам полос.

Также имеется возможность использовать функционал по выравниванию покрытия и его реконструкции.

Кредо дороги – это система автоматизированного проектирования автомобильных дорог в условиях нового строительства, реконструкции и ремонта.

Данный программный продукт способен проектировать автомобильные трассы, относящиеся ко всем техническим категориям, например, к таким, как промысловая, подъездная или внутривладельческая дорога.

В данной программе возможно осуществление проектов разной сложности от эскизного проектирования новой магистрали, до детальной реконструкции уже существующей дороги.

Система позволяет использовать библиотеки, содержащие различные данные. Это могут быть линии, штриховки, объекты инженерного назначения, шаблоны чертежей, документов [5].

Проектировщики могут пользоваться возможностью работы сразу нескольких специалистов над одним проектом, при этом данные относящиеся к разным объектам могут легко объединяться в один общий документ.

Программа имеет возможность определять все параметры дорожного полотна в любой точке трассы, а также способна произвести расчет объемы работ по его проектированию.

Кредо дороги позволяет проектировать трассу, используя интерактивные методы. При этом возможно создать трассу, даже если рельеф, по которому она должна проходить достаточно сложный, соблюдая при этом все требования, предъявляемые к проектированию дороги.

Важным аспектом является то, что вместе с программой поставляются шаблоны по дорогам всех технических категорий, применение которых помогает быстро и своевременно воспроизведение основных параметров дороги. Данные инструменты учитывают нормы проектирования. Имеется возможность создания пользовательских шаблонов на основе существующего проекта и возможность их последующего применения на других дорогах [5].

Система имеет инструментарий для проектирования ремонта трассы.

Также в ней есть возможность оценки проекта. Специалист может оценивать исходные данные и проектные решения, применяя функции просмотра 3D-вида проекта в режиме движения и статическом режиме. При этом в окне просмотра будут отображаться основные параметры движения автомобиля проектируемой дороге.

Система IndorCAD позволяет проектировать автомобильные дороги всех категорий на стадии их строительства, реконструкции, модернизации и ремонта.

В данном программном продукте применяется принцип единой модели дороги, поэтому любые изменения в одной из проекций трассы приведут к немедленным изменениям в других проекциях. Это позволяет оперативно отслеживать результаты внесенных изменений и получать сбалансированные проектные решения.

Система автоматизированного проектирования способна обрабатывать геодезическую информацию, полученную из различных источников. Далее на основе этих данных будет сформирована цифровая модель местности.

Трассирование автомобильной дороги в данной системе осуществляется с использованием геометрических примитивов, а также инструментов вычислительной математики. Также в функции системы входит создание сложных транспортных узлов,

которые реализуются базовыми инструментами для работы с трассами, не прибегая к использованию дополнительных программ.

В процессе проектирования создается информационная модель объекта строительства, которая является источником информации о проектируемом объекте, при этом обеспечивая принятие оптимальных решений [1, С. 49].

Программа поддерживает возможность использования web-карт в качестве подложек, а также использовать их для текстурирования поверхности в 3D-виде. Можно использовать открытые источники для подгрузки информации о рельефе.

В процессе проектирования можно применять библиотеки типовых решений, которые позволяют сократить количество возникающих ошибок.

Система имеет возможности производить моделирование инженерного обустройства автомобильной дороги, например, доступно использование дорожных знаков, ограждений, освещения, дорожной разметки.

Автоматизация проектных работ в области дорожного строительства улучшает и ускоряет работы на всех этапах проектирования. Трудоемкие задачи решаются с помощью систем автоматизированного проектирования, позволяя специалистам заняться творческой стороной проектирования и наилучшим образом реализовать стоящие перед ними проекты.

Выбор системы автоматизированного проектирования зависит от многих факторов. Немаловажное значение при этом имеет вид проектной деятельности, масштабы реализуемых компанией проектов.

Применение САПР автомобильных дорог имеет ряд преимуществ, которые несомненно, имеют данные системы. Можно выделить несколько ключевых из них:

- внедрение прогрессивных методов проектирования, которые сложно использовать при применении ручных расчетов из-за их трудоемкости;
- снижение стоимости строительства, происходящие за счет применения оптимизационных методов;
- многовариантное проектирование, при использовании которого достигается возможность рассмотрения нескольких вариантов проектных решений за короткие сроки;
- использование математического моделирования, которое позволяет представлять поведение моделируемого объекта в определенных условиях;
- экономия времени, которая появляется за счет ускорения создания готового решения для проектируемого объекта.

Все это позволяет повысить качество объектов проектирования и повысить их надежность. Современные системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог с их разнообразным инструментарием для решения задач различной сложности, помогают специалистам эффективно справляться со стоящими перед ними задачами.

## **Выводы**

Изучение систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог показало, что данные программные продукты имеют большой инструментарий, позволяющий реализовывать даже самые сложные проекты. Они имеют возможность построения моделей будущих трасс, которые позволяют оценить проектируемый объект и сравнить способы достижения поставленных задач. Также данные системы позволяют экономить ресурсы и значительно повышать эффективность проектов в области автодорожного строительства. Поэтому развитие данных программных продуктов в будущем будет только продолжаться. А значит, их функциональные

возможности возрастут, а сами системы станут более совершенными и смогут решать еще более сложные задачи.

### **Литература**

1. Блинов, Д.С. Создание ГИС дорог на примере опыта компании «Индор-Софт» при создании ГИС дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2017. – №2. – С. 49-64.
2. Борейша, Е.В. Трассирование участка автомобильной дороги. – М.: Московский государственный строительный университет, 2017. – 49 с.
3. Гавриленко, Т.В. Внедрение новых информационных технологий в проектирование транспортных сооружений. – М.: 2015. – 15 с.
4. Проектирование автомобильных дорог в IndorCAD / И.В. Кривых, Д.А. Петренко, В.Н. Бойков и др. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2015. – 406 с.
5. credo-dialogue.ru URL: <https://is.gd/XqwlO6> (дата обращения: 07.03.2019)
6. sapr.ru URL: <https://sapr.ru> (дата обращения: 07.03.2019).

## СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056.55

### РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

#### CONFIDENTIAL INFORMATION TRANSFER SYSTEMS

Фёдоров В.П., Майский Р.А.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

V.P. Fedorov, R.A. Maiski,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: fed.vp@bk.ru

**Аннотация.** Следует заметить, что нормативное регулирование вопросов, касающихся защиты информации, до распада Советского Союза было разработано слабо, а сама система защиты конфиденциальной информации стояла на страже подконтрольных государству служб, таких как министерство обороны и военно-промышленный комплекс. Секретность таких систем обеспечивалась достаточно просто: доступ к такому роду информации был просто закрыт. А раз негосударственные организации ими не пользовались, то и правовая база была не нужна. Криптографическая защита проводилась только специальными службами и только после утверждения особых нормативных актов, и даже упоминать то, что она существовала, было очень строго запрещено.

На сегодняшний день защита информации является особенно актуальной потому, что не стоят на месте информационные технологии. Службы безопасности разных уровней, военные радиостанции для организации, к примеру, диспетчерской связи, используют радиосигнал. В систему радиосвязи, таким образом, интегрированы различные системы защиты, такие как шифрование и алгоритмы шифрования.

Данная статья представляет собой исследование способов защиты и передачи конфиденциальной информации. Также обсуждаются проблемы перехвата и кражи информации.

**Abstract.** It should be noted that the regulatory framework for information protection issues was weakly developed before the collapse of the Soviet Union, and the system for protecting confidential information itself stood guard over state-controlled services, such as the Ministry of Defense and the military-industrial complex. The secrecy of such systems was provided quite simply: access to this kind of information was simply closed. And since non-governmental organizations did not use them, then the legal framework was not needed. Cryptographic protection was carried out only by special services and only after the approval of special regulations, and even to mention that it existed was strictly prohibited.

Today, the protection of information is particularly relevant because information technologies are not out of place. Security services of different levels, military radio stations for the organization, for example, dispatch communication, use a radio signal. Thus, various

security systems, such as encryption and encryption algorithms, are integrated into the radio communication system.

This article is a study of how to protect and transmit confidential information. The problems of interception and theft of information are discussed.

**Ключевые слова:** информация, защита, передача, шифрование, безопасность.

**Keywords:** information, protection, transmission, encryption, security.

Исследования этого вопроса начались еще в постсоветский период, и уже в ранних работах хаотическая синхронизация была выбрана в качестве метода выделения информационного сигнала и общего хаотического несущего. Однако использование идентичных генераторов хаоса (как в передающем, так и в приемном устройствах) вызывало ряд проблем. Уже на ранних этапах работающие над данной проблемой специалисты разделились на два лагеря. Первые предлагали осуществить аддитивное добавление информационного сообщения к несущему сигналу. Вторые решили добавить модуляцию параметров генератора хаоса.

Но настоящие успехи на практике стали появляться тогда, когда для ряда модельных схем была представлена возможность передачи цифровых и аналоговых сообщений с применением хаотических сигналов. В схеме с нелинейным подмешиванием информационного сигнала в хаотический передача речевых и музыкальных сигналов в низкочастотном и в радиодиапазонах была продемонстрирована экспериментально. Такие исследователи, как А.А. Короновский, П.В. Попов и другие предложили разные модификации систем связи, чтобы увеличить помехоустойчивость.

Однако метод синхронизации имел ряд существенных недостатков, связанных с тем, что генераторы хаотических колебаний передающего и принимающего устройства должны были быть идентичны. Даже отличие в 1% приводило к тому, что метод терял свою изначальную эффективность. Поэтому особую важность стали играть разработки, посвященные иным способам защиты передаваемой конфиденциальной информации.

Способ многоканальной передачи информации основан на том принципе, что параметры генератора хаотических колебаний модулируются передающим устройством сразу несколькими аналоговыми информационными сигналами (рисунок 1) [1].

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{F}(\vec{x}, \vec{\mu}^0), \quad \vec{x} \in \mathbb{R}^n, \quad \vec{\mu}^0 \in \mathbb{R}^m,$$

Рисунок 1. Способ многоканальной конфиденциальной передачи информации

Данные информационные сигналы передаются от передающего устройства к принимающему, преобразуются из аналогового формата в цифровой и подвергаются процессу детектирования, в ходе которого происходит определение текущего значения параметров для генератора хаотического сигнала, которые должны соответствовать передаваемым информационным сигналам, а также методам реконструкции динамических систем и дискретного вейвлет анализа.

Евстафиеву Алексею Федоровичу принадлежит патент способа передачи и приема сигналов, описанный на рисунке 2 [2].

$$J'_m(\omega) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{1}{\pi} \int_{\varepsilon}^{\Delta\omega/2} \frac{\operatorname{Re}(\omega - \nu) - \operatorname{Re}(\omega + \nu)}{\operatorname{tg}(2\pi\nu/\Delta\omega)} d\nu, \quad |\omega| \leq \frac{\Delta\omega}{2},$$

Рисунок 2. Способ передачи и приема сигналов  
Евстафиева Алексея Федоровича

Данное изобретение относится к технике передачи электрических сигналов, их приему и обработке. Оно может использоваться в радиотехнических системах передачи информации.

Его использование поможет достичь сокращения структурной избыточности и повышению скрытности передаваемых сигналов.

Согласно данному способу формируют исходный сигнал  $S_1(t)$  со спектром  $S_1(j\omega) = S_1(\omega)\exp[-j\varphi_1(\omega)]$ , ограниченным полосой частот  $\Delta\omega$ , где  $S_1(\omega)$  и  $\varphi_1(\omega)$  – амплитудный и фазовый спектры сигнала. Таким образом, формируется сигнал  $S_{Re}(\omega)$ , соответствующий вещественной части спектра  $S_{1Re}(\omega) = S_1(\omega)\cos\varphi_1(\omega)$  в той же полосе частот  $\Delta\omega$ . По каналу связи передают сигнал  $S_2(t) = S_{Re}(t)$  с ограниченной эффективной длительностью, обладающий спектром  $S_2(j\omega) = S_2(\omega)\exp[-j\varphi_2(\omega)]$ , где  $S_2(\omega)$  и  $\varphi_2(\omega)$  – амплитудный и фазовый спектры передаваемого сигнала. Одновременно с этим сигналом на соответствующей временной позиции передают корректирующий сигнал  $S_{кор}(t)$ , соответствующий весовой частотной функции  $P(\omega) = S_1(\omega) \cdot S_2(0) / S_2(\omega) \cdot S_1(0)$ . На приемной стороне по сигналу  $S_2(t)$  определяют его амплитудный спектр  $S_2(0)$  и спектр, соответствующий его вещественной части  $S_{2Re}(\omega) = S_2(\omega)\cos\varphi_2(\omega)$ , а по корректирующему сигналу  $S_{кор}(t)$  восстанавливают весовую частотную функцию  $P(\omega)$ . Получают оценку амплитудного спектра  $S^*_1(\omega) = S_{2Re}(\omega) \cdot P(\omega)$  и фазового спектра  $\varphi^*_1(\omega) = \arccos\{\cos[\varphi_2(\omega)]/P(\omega)\}$  исходного сигнала, на основе чего, пользуясь обратным преобразованием Фурье, получают оценку исходного сигнала, отображающего передаваемое сообщение [2].

В 2012 году компания «ЛЕТА» заявила о том, что начатый ею проект по созданию системы безопасной передачи конфиденциальной информации через интернет успешно завершен. Таким образом, была создана такая система для обмена информацией между филиалами Российской самолетостроительной корпорации «МиГ» (РСК «МиГ»). К тому же, данная система обладает рядом дополнительных качеств, таких как возможность создавать подключение по локальной сети корпорации удаленных пользователей с любого персонального компьютера и возможность удаленного управления. Система межсетевое экранирования крайне надежна. Работа с несколькими провайдерами связи осуществляется с помощью технологии Multi-Link. Данная технология способна обнаруживать вторжение в систему и обладает высокой отказоустойчивостью, а также поддерживает цифровые сертификаты. Она имеет сертификаты ФСТЭК России. Сертифицированный ФСТЭК-ом продукт StoneGate StoneGate FW/VPN стал основой платформы для построения сети VPN.

Внедрение системы проводилось по типизированной схеме, неоднократно проверенной компанией «ЛЕТА» в проектах по эксплуатации различных технических средств информационной безопасности – исследование сети, деятельности в сфере информационных технологий (ИТ) и информационной безопасности (ИБ), а также имеющихся документов; создание технического задания на систему обеспечения безопасного обмена информацией; внедрение системы; испытания и преобразование в рабочий режим.

Как известно, результатом проведенных работ стала введенная в промышленную эксплуатацию система защиты каналов передачи данных, обеспечивающая надежный обмен конфиденциальной информацией между дочерними компаниями РСК «МиГ».

### **Выводы**

Удачным способом защиты стало в последние годы передача сообщений в виде широкополосных хаотических сигналов. Однако этот метод имеет существенный недостаток, состоящий в том, что генераторы хаотических колебаний должны быть абсолютно идентичными. Метод передачи двух аналоговых информационных сигналов по одному каналу связи, предложенный в работе Parlitz U. Estimating model parameters from time series by autosynchronization // Phys. Rev. Lett. 76, 1996, 1232, подошел наиболее близко к решению данной проблемы.

### **Литература**

1. Патент РФ № 2008118604/09, 14.05.2008. Способ многоканальной конфиденциальной передачи информации // Патент RU № 2382502. 2010. Бюл. №5. / Павлов А.Н., Анищенко В.С.
2. Патент РФ № 2007108138/09, 05.03.2007. Способ передачи и приема сигналов // Патент RU № 2347318. 2009. Бюл. №5. / Евстафиев А.Ф.
3. Parlitz U. Estimating model parameters from time series by auto-synchronization // Phys. Rev. Lett. 76, 1996, 1232.
4. Агишев Т.Х., Филиппов В.Н., Филиппова А.Г. Основы защиты компьютерной информации // Министерство образования и науки РФ, Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа, 2013.
5. Хайретдинов Э.И., Майский Р.А. Защита информации на предприятии методами квантовой криптографии // В сборнике: Актуальные проблемы науки и техники – 2017. С. 265-268.
6. Мухаметьянова А.Р. Майский Р.А. Обеспечение защиты информации в современных системах управления базами данных организации // В сборнике: XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. Сборник статей. 2017. С. 409-411.
7. Гайнуллин Т.Р., Майский Р.А. Необходимость разработки комплексной системы информационной безопасности университета // В сборнике: Современные информационные технологии. Теория и практика. Теория и практика Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией Т.О. Петровой. 2017. С. 256-258.
8. Хайретдинов Э.И. Майский Р.А. Квантовая криптография как перспективный метод защиты информации // В сборнике: XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. Сборник статей. 2017. С. 476-478.

УДК 004.056.55

**СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ****THE SYSTEM OF ENSURING DATA PROTECTION  
WITH APPLICATION OF THE MODIFIED ENCRYPTING ALGORITHM**

Поникаровская А.А., Дружинская Е.В.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

A.A. Ponikarovskaya, E.V. Druzhinskaya,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: alisaponi@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены наиболее распространенные криптографические методы защиты данных с использованием ключей. Проанализированы основные характерные черты асимметричных и симметричных алгоритмов шифрования. Выявлена и обоснована необходимость сосредоточия внимания на симметричных подходах в рамках выполняемой работы. На основе сравнительного анализа качественных показателей выделены два варианта преобразований с закрытым ключом (XTEA и IDEA), в наибольшей степени отвечающих критериям отбора с точки зрения безопасности и рациональности. С целью создания концепции по совмещению преимуществ избранных методов шифрования в последующих работах, в качестве первого шага было принято решение модификации одного из алгоритмов – XTEA, описание схемы работы которого приведено в статье. Для того чтобы продемонстрировать возможности преобразованного алгоритма спроектирована диалоговая система хранения и защиты паролей. Программный продукт, реализованный на языке C#, предоставляет возможность записи, изменения и поиска информации по запросу. Хранение данных осуществляется в зашифрованном виде в среде Microsoft SQL Server Management Studio. При построении графического интерфейса были использованы возможности MetroFramework. Для ознакомления предлагается краткое описание разработанной системы.

**Abstract.** In this article the most widespread cryptographic methods of data protection with use of keys are considered. The main characteristics of asymmetric and symmetric algorithms of enciphering are analyzed. Need of the center of attention on symmetric approaches within the performed work is revealed and proved. Based on contrastive analysis of quality indicators two options of the conversions with private key (XTEA and IDEA), which are most answering to selection criteria in terms of safety and rationality, are selected. For the purpose of creation of the concept on combination of advantages of the chosen cryptography techniques in the subsequent works, as the first step the decision of modification of one of algorithms was made – by XTEA, which description of the scheme of work is provided in article. With the purpose to create the concept on combination of advantages of the chosen cryptography techniques in the subsequent works, as the first step the decision of modification by XTEA was made which description of the scheme of work is provided in article. To show possibilities of the transformed algorithm the dialogue password storage and

protection system is designed. The software product implemented in the C# language gives a recording capability, capability of changes and information search in a request. Data storage is carried out in encrypted form in the environment of Microsoft SQL Server Management Studio. At creation of the graphic interface possibilities of MetroFramework were used. For acquaintance the short description of the developed system is offered.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, криптографические алгоритмы, система хранения паролей, базы данных.

**Keywords:** information security, cryptographic algorithms, password storage system, databases.

В настоящее время информационные технологии имеют высокую значимость для обеспечения комфортабельных условий жизнедеятельности человека. Многие сферы обслуживания предполагают запрос персональных данных клиентов в электронном формате, что подвержено потенциальному риску утечки информации. В большинстве случаев разглашение конфиденциальных материалов чревато серьезными последствиями. Вследствие чего потребность в сохранении и защите передаваемых данных от несанкционированного доступа не теряет актуальности и в условиях непрерывных реноваций.

Одними из общеупотребительных и непреложных методов предупреждения раскрытия информации являются криптографические алгоритмы. Обилие разносторонних методологий преобразований предоставляет возможность подобрать оптимальный вариант трансформаций, соответствующий располагаемым условиям. Каждый алгоритм обладает уникальным набором комбинаций преобразований, что и приводит при их сравнении к ощутимой разнице качественных показателей. Таким образом, выбор целесообразного варианта кодирования осложняется наличием у каждого рассматриваемого алгоритма совокупности индивидуальных преимуществ и изъянов.

С целью определить самый рациональный комплекс преобразований, были отобраны и рассмотрены наиболее распространенные алгоритмы. Результаты анализа алгоритмов апробированы на 61-й Всероссийской научной конференции МФТИ и приведены для ознакомления в данной статье.

В числе выбранных алгоритмов присутствуют представители как асимметричного, так и симметричного подходов. Отличие двух методик состоит в представлении криптографического ключа.

Для разбора были отобраны такие примеры асимметричного шифрования как RSA, ElGamal, NTRUEncrypt. Асимметричные алгоритмы являются двухключевыми криптографическими схемами, которые позволяют распространять один из ключей по открытому каналу. Отсутствие необходимости дополнительной защиты для обмена ключами одно из главных преимуществ данного метода шифрования. Однако имеется и существенный недостаток, а именно недоказанность математической криптостойкости асимметричных систем [2, С. 144].

Также были рассмотрены следующие алгоритмы: Rijndael (AES), Blowfish, CAST-128, Xtea и IDEA. Все они являются примерами симметричного шифрования – способ, в котором для шифровки и дешифровки используется один криптографический ключ [2, С. 144]. Данная методика подходит для передачи зашифрованных данных в больших объемах, однако существует проблема удержания ключа в строгой секретности.

При проведении сравнительного анализа в качестве критериев отбора были рассмотрены такие показатели как скорость шифрования и временная сложность алгоритма. Выбранные величины были унифицированы и сопоставлены друг другу (см. табл. 1).

Таблица 2 – Качественная характеристика наиболее распространенных криптографических алгоритмов [2, С. 145].

Наименование алгоритма	Скорость шифрования (Мбит/с)	Трудоёмкость/временная сложность (операций)
Асимметричные:		
RSA	0,5-8	$2,7 * 10^{28}$
ElGamal	0,014	$2,7 * 10^{28}$
NTRUEncrypt	0,125-2	$> 2,7 * 10^{28}$
Симметричные:		
Rijndael (AES)	700	$2^{127/191/255*}$
Blowfish	340	$2^{31} - 2^{447*}$
CAST-128	340	$2^{39} - 2^{127*}$
Xtea	1029	$2^{127}$
IDEA	352	$2^{127}$

\* – в зависимости от варьирования длины криптографического ключа.

Как следует из полученной таблицы, среди асимметричных моделей наиболее быстрой является RSA, в то время как NTRUEncrypt обладает повышенным уровнем надёжности. При общем сравнении параметра трудоёмкости всех трёх алгоритмов не наблюдается разительных отличий. Далее, при рассмотрении симметричного подхода, установлены наиболее быстрый и наиболее надёжный варианты шифрования. Xtea предстал лидером по скорости с рядовым порогом устойчивости к атакам, тогда как IDEA продемонстрировал сравнительно высокую трудоёмкость при низкой скорости исполнения и фиксированном размере ключа.

В рамках решения поставленных задач безопасности посчиталось нецелесообразной реализация асимметричных алгоритмов ввиду высокой трудоёмкости их модификации и больших временных затрат при их работе [2, С. 144-145]. Вследствие этого было решено перейти к более детальному рассмотрению функционирования двух вышеупомянутых симметричных алгоритмов (XTEA и IDEA) и их дальнейшей модернизации с целью усовершенствования. Дополнительными факторами, оказавшими влияние на принятие решения, послужили обладание последних малой длиной ключа и высокой скоростью работы.

XTEA обладает высокой стойкостью по отношению к линейному криптоанализу и сравнительно надежен при проведении дифференциального криптоанализа [3, С. 307]. Однако алгоритм подвержен «атакам на связанных ключах».

Разработчики алгоритма IDEA сделали все возможное, чтобы сделать его устойчивым к дифференциальному криптоанализу [4, С. 241] и добились успеха при достижении своей цели. В то же время данный способ имеет класс слабых ключей, которые довольно легко вычислить, используя выбранный открытый текст [4, С. 241].

Первым этапом на пути к созданию концепции по совмещению преимуществ IDEA и XTEA стала трансформация последнего в ходе бакалаврской выпускной работы. Доработка IDEA и продолжение исследований данной тематики планируется выполнять в процессе магистерской подготовки.

Шифроалгоритм eXtended Tiny Encryption Algorithm (XTEA) оперирует блоками, состоящими из двух слов по 32 бита. Поскольку длина исходных данных порой не

кратна 64-битам, значения всех байтов, дополняющих блок до кратности, устанавливаются в 0x01. Рекомендуемое создателями количество раундов преобразований равняется 64, каждый из которых состоит из следующего порядка действий: производится обработка правого слова (B) и его последующее наложение на левый 32-битный субблок данных (A), по мере завершения четных раундов алгоритма модифицируется значение временной переменной (T) и по окончании каждого из них субблоки меняются местами. Верную последовательность действий можно записать следующим образом:  $A = A + (((B \ll 4 \oplus B \gg 5) + B) \oplus (T + K_i))$ , где  $\ll$  и  $\gg$  – побитовые сдвиги влево и вправо соответственно,  $+$  – побитовое логическое «И»,  $\oplus$  – побитовое исключающее «ИЛИ» [1, С. 478-479].

Криптографический ключ содержит 128 бит и представлен в виде 4 фрагментов по 32 бита ( $K[0] \dots K[3]$ ). При осуществлении шифрования применяется в усложненном виде: в четных раундах –  $K[T \& 3]$ , в нечетных –  $K[(T \gg 11) \& 3]$ , где  $\&$  – побитовое логическое «И» [1, С. 478]. Подчеркнем, что формулы преобразований указаны в соответствии с приоритетами выполнения операций в семействе языков Си.

Расшифровка осуществляется по упомянутым выше правилам лишь с той разницей, что выполняется последовательность обратных установленным действиям и в противоположном от описанного порядке.

Предпочтительными направлениями в повышении уровня криптозащиты являются прирост скорости обработки информации и устойчивости к внешним атакам. Ввиду существующих тенденций планы внесения правок в структуру рассматриваемого алгоритма были выстроены с целью укрепления криптостойкости и поддержки высокого темпа работы алгоритма.

Сконструированная модель шифрования в отличие от оригинала использует четыре 32-битных слова в качестве блока. Это позволило усилить взаимозависимости между соседними символами, что осложняет дешифровку при атаках извне. При возникновении ситуации, когда кратность не соответствует 128, открытый текст дополняется до полного блока нулевыми байтами. Число раундов шифрования было принято сократить до 48 без угрозы ослабления защиты. Такое решение было вызвано стремлением поддержать высокоскоростную обработку данных с учетом внесенных преобразований.

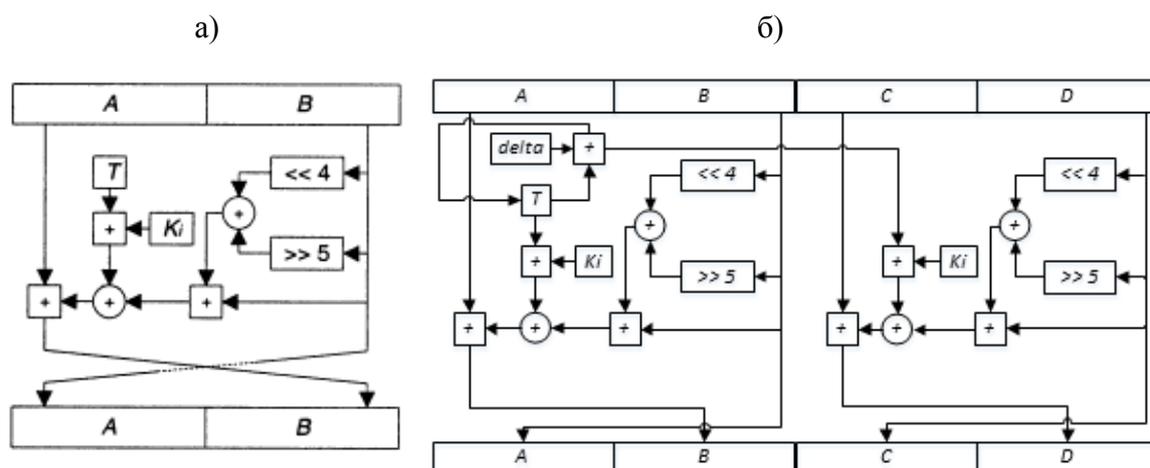


Рисунок 3. а) раунд оригинального алгоритма XTEA;  
б) раунд модифицированного алгоритма XTEA.

Для демонстрации модифицированного комплекса преобразований в действии была спроектирована диалоговая система хранения и защиты паролей. Данный программный продукт предлагает лицам, зарегистрированным на большом количестве сайтов, воспользоваться возможностью содержать все данные в одном месте, не заполняя лишней информацией собственную память. Система располагает следующим набором функций (рисунок 2): запись новых данных (рисунок 3), их изменение, удаление и поиск по запросу клиента. Добавляемая информация хранится в зашифрованном при помощи описанного выше способа виде.

Программа работает в совокупности с функционалом и ресурсами базы данных и представляет собой десктопное приложение с графическим интерфейсом.

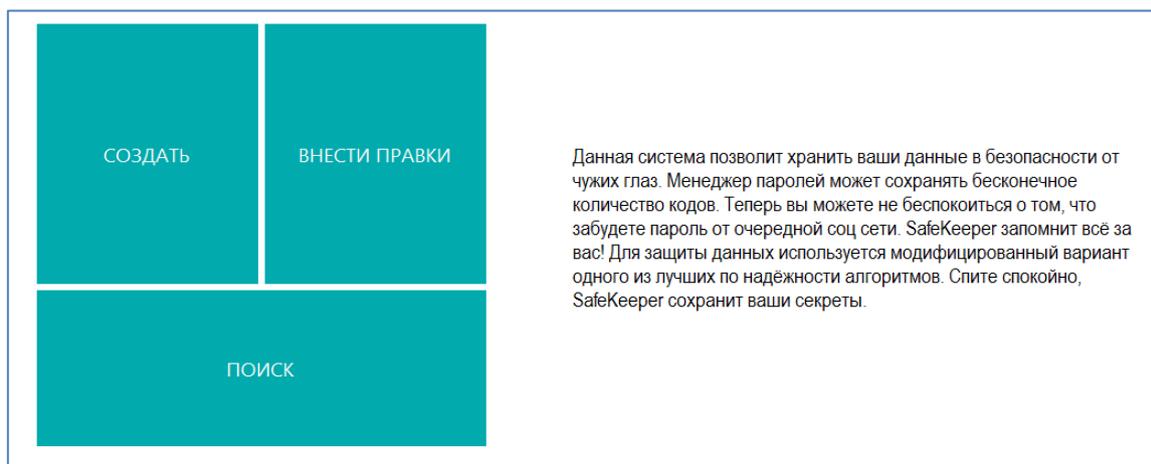


Рисунок 4. Вид стартового окна системы.

Код видоизмененного алгоритма и разработанной системы реализован на C#. Выбор языковых средств был обусловлен функциональными возможностями и особенностями внутреннего представления данных.

Сегменты кода, отвечающие за криптографические изменения, реализованы с учетом потребности шифровки и дешифровки данных как независимых друг от друга процессов. Также предусмотрена функция сообщения об ошибках и успешных проведениях операций.

Запустить программу можно с любого компьютера, достаточно иметь выход в Интернет.

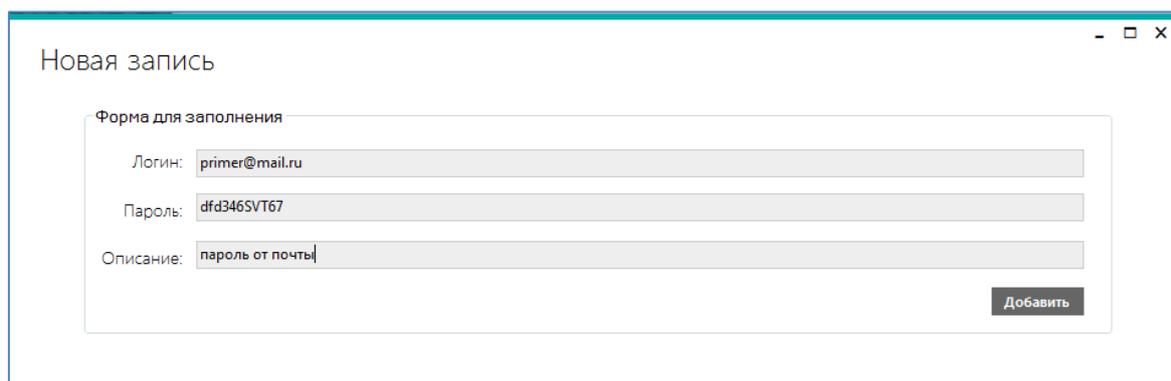
Хранилище паролей создано при помощи инструмента «Базы данных SQL» в облачном сервисе Microsoft Azure.

Облачные технологии удобны в применении, так как хранение объемного массива данных осуществлено не локально, что экономит память вычислительного устройства. Здесь в единой таблице хранятся все записываемые пользователем данные.

Преимуществом данного решения также является легкий доступ к хранимой информации.

Возможности графического представления интегрированной среды разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio Enterprise 2017, примененной в ходе реализации системы, были расширены посредством установки и подключения к проекту пакета дополнительных элементов управления MetroFramework.

Итоги работы над графической оболочкой приведены в виде скриншотов работающей программы.



Новая запись

Форма для заполнения

Логин: primer@mail.ru

Пароль: dfd346SVT67

Описание: пароль от почты

Добавить

Рисунок 5. Вид окна добавления записей.

## Выводы

В результате модернизации готового криптографического алгоритма XTEA увеличилась устойчивость данного алгоритма к хакерским атакам без усложнения трудоемкости выполнения.

Показана целесообразность применения модифицированного алгоритма в программных системах, требующих защиты информации от несанкционированного доступа с соблюдением правил безопасности.

Разработанная система хранения паролей наглядно демонстрирует устойчивость реализации алгоритма посредством закрытия пользовательских данных от взлома злоумышленниками.

## Литература

1. Панасенко С.П. Алгоритмы шифрования. Специальный справочник. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. стр. 576.
2. Поникаровская А.А. Анализ современных криптографических алгоритмов и поиск оптимального метода шифрования / Труды 61-й Всероссийской научной конференции МФТИ. (Москва-Долгопрудный-Жуковский, 19-25 ноября 2018 года). Радиотехника и компьютерные технологии. – М.: МФТИ, 2018. с. 144-145.
3. Ko Y., Hong S., Lee W., Lee S., Kang J.-S. Related Key Differential attacks on 27 round of XTEA and full rounds of GOST (Abstract) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.link.springer.ru/content/pdf/> (дата обращения: 10.03.2019).
4. Schneier B. Applied Cryptography: protocols, algorithms and source code in C. – New York.: John Wiley & Sons, Inc. New York, 1995. P. 816.

UDC 004.71

## USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR INTRUSION DETECTION

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ  
ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ

A.G. Mustafaev,  
SAEI HE “Dagestan state university of national economy”,  
Makhachkala, Russian Federation

Мустафаев А.Г.,  
ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства»,  
г. Махачкала, Российская Федерация

e-mail: arslan\_mustafaev@mail.ru

**Аннотация.** Системы обнаружения вторжений классифицируют сетевой трафик на две основные категории: легальная активность и действия злоумышленника. В настоящее время интеллектуальная обработка данных и машинное обучение играют важную роль во многих областях деятельности, включая системы обнаружения и предотвращения вторжений. Одним из основных этапов интеллектуального анализа данных является определение оптимального набора данных, который помогает повысить эффективность, производительность и скорость прогнозирования систем обнаружения вторжений. Определение существенных признаков – процесс поиска и выбора наиболее полезных признаков в наборе данных. Редуцирование исходного набора данных обеспечивает эффективный подход к решению проблемы многомерных данных путем удаления ненужных и избыточных данных, которые могут сократить время вычислений, повысить точность обучения и облегчить понимание модели обучения или данных. Для экспериментального анализа использовалась база данных NSL-KDD. Результаты экспериментов показывают, что предложенный в статье подход является достаточно точным, с небольшим количеством ложных срабатываний и высокой чувствительностью, что требует меньше времени для обучения, чем при использовании полного набора данных.

**Abstract.** Intrusion detection systems classify network traffic into two main categories: legal activity and the actions of an attacker. Intelligent data processing and machine learning play an important role in many areas of activity, not excluding intrusion detection systems. One of the main steps in data mining is the identification of an optimal data set that helps to improve the efficiency, performance and speed of predicting intrusion detection systems. Feature selection is the process of finding and selecting the most useful features in a dataset. Feature selection provides an effective approach to solve the problem of high-dimensional data by removing irrelevant and redundant data, which can reduce computation time, improve learning accuracy, and facilitate a better understanding for the learning model or data. For the experimental analysis, a NSL-KDD database used. The results of the experiments show that the methods suggested in the paper is accurate enough, with a low number of errors and high sensitivity, requiring less training time than using a complete set of data.

**Ключевые слова:** система обнаружения вторжений, классификация, искусственные нейронные сети, анализ сетевого трафика, компьютерные сети.

**Keywords:** Intrusion detection system, classification, artificial neural networks, analysis of network traffic, computer networks.

The main objective of intrusion detection systems is warranting detection of deliberate unauthorized access or special impacts on information from the violators acting with the use of information and telecommunication networks.

Intrusion detection systems consist of an events registration module and a module of the events analysis and intrusion recognition and means of the interaction organization. The composition and structure of base of the solving rules defined by a combination of the specified detection methods. Intrusion detection systems implements one method or a set of several methods of intrusion detection, for example, the signature method based on signatures of the known intrusions or heuristic methods which use profiles of functioning of an information system or actions of information system users.

Intrusion detection can be defined as the process of intellectual monitoring of the events, which are occurring in the computer network or system, and their analysis on existence of signs of security policy violation and attempt to threaten confidentiality, integrity, availability, or to bypass mechanisms of safety of a host or network.

The intrusion detection system takes traffic from network, applies certain rules to these data and at detection of signs of an attack, reports about it to the administrator (Figure 1).

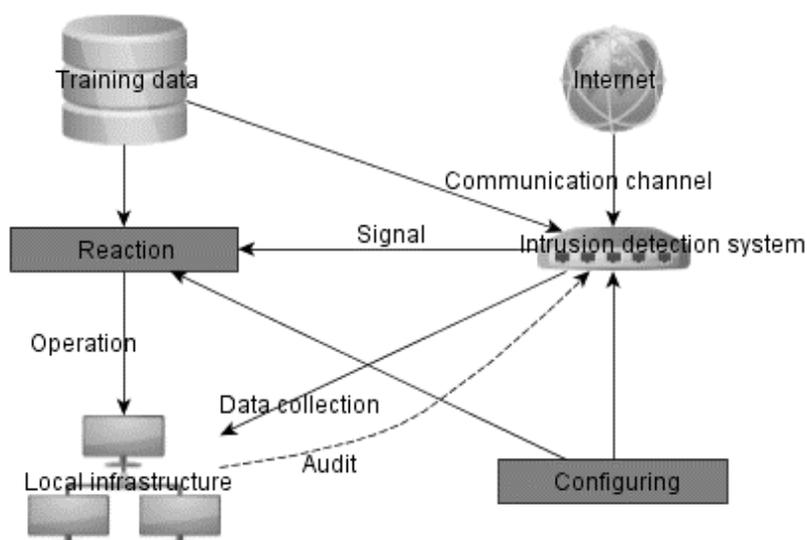


Figure 1. Structure of the intrusion detection system

The aim of this work is the development of the intrusion detection system, with adaptation ability to changes of behavior of the computer network based on the use of artificial neural networks.

Artificial neural networks are commonly used for the detection and prevention of intrusions. In [1] for intrusion detection is made a multilayered neural network with two hidden layers and the output layer containing three neurons. One of the datasets freely accessible for the evaluation of intrusion detection is the NSL-KDD data set. As a source of the training and test data, the NSL-KDD database [2] used. For neural network training, the

backpropagation algorithm is used. The described system is able to recognize two types of attacks and a normal connection. A multilayer artificial neural network is developed, where each layer represents a separate multilayered perceptron [3]. At the first layer, it is defined whether a specific connection is legal or is action of the malefactor. The second and third layers are responsible for classification according to a class and a subclass of the attack. This approach is different from others because it has the possibility of receiving the necessary degree of detail at classification of the considered connection. The three-layer artificial neural network, trained on data of the network traffic, contains models of connections and the simulated attacks [4]. Results of experiments showed high degree of correctness of recognition.

For the realization of the system of detection of the attacks the multilayered artificial neural network – a perceptron is used. Multilayered perceptron contains three types of layers of neurons: input, hidden and output. Each neuron of network has smooth nonlinear function of activation. Multilayered nonlinear neural networks allow to form more deep connections between inputs and outputs, than a single-layer linear. The three-layer neural network with one hidden layer can be trained to approximate with arbitrary accuracy any continuous function [5].

To prevent the neural network from overtraining, the dimension of the training data has to be more or is equal to number of neurons of the hidden layer.

Training data for the artificial neural network were taken from the NSL-KDD base containing data sets about legal network connections and the attacks (Table 1). Data on each connection contain 41 parameters and are divided into four categories corresponding to types of threats (Figure 2):

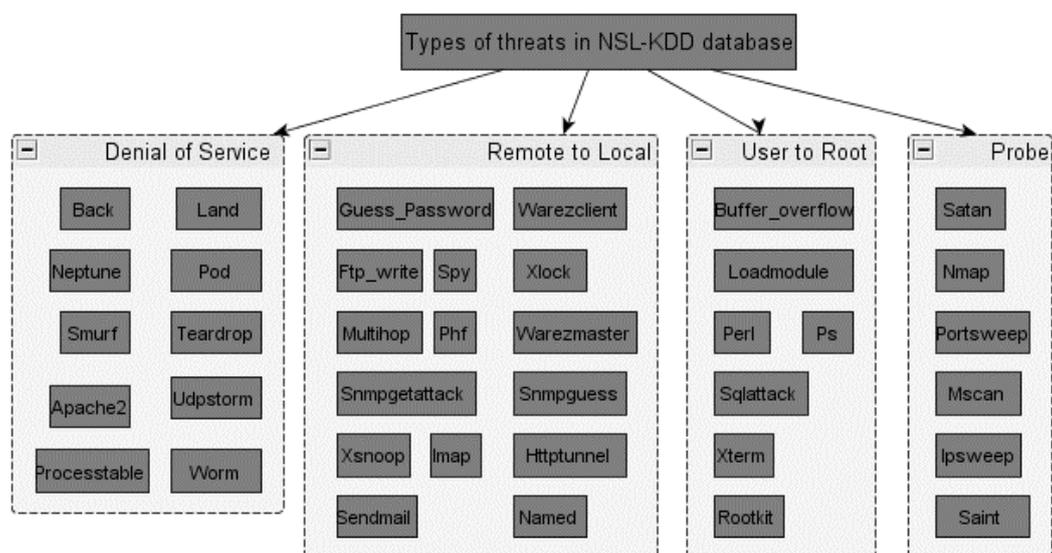


Figure 2. Types of threats in NSL-KDD database

Table 1 – Distribution of records on sets in NSL-KDD Dataset

Dataset type	Total					
	Records	Normal	DoS	Probe	U2R	R2L
KDDTrain+20%	25192	13449	9234	2289	11	209
		53.39%	36.65%	9.09%	0.04%	0.83%
KDDTrain+	125973	67343	45927	11656	52	995
		53.46%	36.46%	9.25%	0.04%	0.79%
KDDTest+	22544	9711	7458	2421	200	2754
		43.08%	33.08%	10.74%	0.89%	12.22%

The offered system can work in following modes: detection (for check of normal and abnormal actions), classification (if any abnormal action is discovered, to classify it by four main types of the attack: DOS, Probe, U2R or R2L) and detailed classification (classification of abnormal events in 29 subtypes of the attack).

Researches and experiments show that the use of whole set of parameters does not lead to an improvement of quality of detection and gives considerable number of false positives and false negatives. A reduction of the set of parameters allows to improve quality of detection [6, 7].

The approaches for estimation of informational content of big dimension data providing increase in accuracy of identification of anomalies in network traffic and significantly raise speed of classification algorithms in detail described [8]. Concerning the selection of features signs, they are sorted in decreasing order of their importance and the least informative are not considered.

As a result, the optimized subset of parameters of the NSL-KDD baseis created [9].

The designed neural network contains an input layer, one hidden layer and an output layer. The input layer of the neural network has 18 neurons, the output layer has five neurons corresponding to normal work and four types of threats.

The data set is divided into three subsets: training, testing and validation (60% – training, 20% – testing, and 20% – validation).

The backpropagation algorithm is applied to training of artificial neural network [10]. The error of training is calculated at output layer, and distributed back to each neuron of the network, and afterwards correction of neurons weights according to their values is carried out.

The results of training and testing of the designed neural network show a possibility of its application for the solution of a problem of detection of the network computer attacks.

The neural network correctly classifies the activity in the network, in 93% of cases recognizing actions of the malefactor.

Results of the research allows conclude that the offered neural network is capable of high probability to recognize the network attacks, at a rather small number of false positives (Table 2). Number epochs in Table 2 is number of neural network learning cycle.

The considered subset of parameters allowed to reduce the number of false negatives and accelerated the process of training the neural network.

Table 2 – Results of work of neural network from number of the considered parameters

Number of parameters	Accuracy	False positives	False negatives	Number of epoch
41	86.9	6.2	5.9	402
18	80.6	15.6	0.5	25

## Findings

By training and testing an artificial neural network, it is possible to improve productivity of an intrusion detection system for the identification and classification practically of all events in system. However having a large amount of advantages, the artificial neural network demands time and the considerable volume of data for training to give the correct result. For achievement of the best results, it is possible to use all 41 parameter from NSL-KDD base.

**References**

1. Sammany M., Sharawi M., El-Beltagy M. and Saroit I., Artificial Neural Networks Architecture for Intrusion Detection Systems and Classification of Attacks, The 5th International Conference INFO2007, 2007, pp. 24-26.
2. NSL-KDD dataset. Available at: <http://www.unb.ca/cic/datasets/nsl.html> (accessed 20.12.2018).
3. Selim S., Hashem M., Nazmy T.M., Intrusion Detection using Multi-Stage Neural Network, International Journal of Computer Science and Information Security, 2010, vol. 8, no. 4, pp. 14-20.
4. Cannady J., Artificial Neural Networks for Misuse Detection, Proceedings of the 21st National Information Systems Security Conference, 1998, pp. 368-381.
5. Haykin S., Fuster J. M., On Cognitive Dynamic Systems: Cognitive Neuroscience and Engineering Learning From Each Other, Proceedings of the IEEE, vol. 102, no. 4, 2014, pp. 608-628.
6. Singh N., Kaur A., Feature selection for artificial neural network based intrusion detection system, International Journal for Technological Research in Engineering, 2015, vol. 2, no. 11, pp. 2681-2683.
7. Mukherjee S., Sharma N., Intrusion Detection using Naive Bayes Classifier with Feature Reduction, Procedia Technology, 2012, vol. 4, pp. 119-128.
8. Feng D., Chen F., Xu W., Supervised feature subset selection with ordinal optimization, Knowledge-Based Systems, 2014, vol. 56, pp. 123-140.
9. Mustafaev A.G. Application of Artificial Neural Networks in the Intrusion Detection System, International Journal on Information Technologies and Security, vol. 10, no. 4, 2018, pp. 57-66.
10. Mustafaev A.G., Using artificial neural network for solar energy level predicting, Journal of Information and Computing Science, vol. 13, no. 3, 2018, pp.163-167.

УДК 004.056

**МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ ЛЕГАЛЬНЫХ  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ****MODEL OF LEGAL USERS FUNCTIONING CONTROL  
OF INFORMATION SYSTEMS**

Калач А.В., Кравченко А.С., Говорин Е.Б.,  
Воронежский институт ФСИН России, Иркутская 1а,  
Воронеж, Российская Федерация

A.V. Kalach, A.S. Kravchenko, E.B. Govorin,  
Voronezh Institute of Federal Penitentiary Service of Russia,  
Irkutskaya street 1a, Voronezh, Russian Federation

e-mail: a\_kalach@mail.ru

**Аннотация.** В настоящее время наблюдается тенденция роста числа компьютерных преступлений, состоящих в хищении информации ограниченного распространения и, как следствие, в значительных материальных потерях. Поэтому

сейчас важную роль играет обеспечение информационной безопасности, защиты информации и объектов информатизации. Исследование посвящено разработке модели аудита компьютерных систем с точки зрения обеспечения их информационной безопасности. В качестве типичной структуры сложной системы, имеющей автоматизированное управление, была принята система, взаимодействующая с объектами внешней среды, т. е. получающая входные и управляющие сигналы, и сама выдает выходные сигналы. Построение автоматизированной информационной системы начинали с разработки моделей с математическим аппаратом, пригодным для описания частного случая рассматриваемой подсистемы. Применение специальных моделей позволило организовать глубокое и всестороннее изучение свойств подсистем в аспектах, выходящих за охват общей модели. Такой подход был реализован путем практикоориентированной детализации универсальных моделей. Создана динамическая функционирования АИС с управлением легальными пользователями, подразумевающая определение активных объектов, которые могут менять свое состояние в процессе функционирования и предназначенная для контроля работы пользователей в интересах Федеральной службы исполнения наказаний России.

**Abstract.** Now the trend of growth of number of the computer crimes consisting in plunder of information of limited distribution and, as a result, in considerable material losses is observed. Therefore now an important role is played by ensuring information security, information security and objects of informatization. The research is devoted to development of model of audit of computer systems in terms of ensuring their information security. As typical structure of the complex system having automated management the system interacting with objects of the external environment, i.e. receiving the entrance and operating signals was accepted and itself gives output signals. Creation of the automated information system was begun with development of models with the mathematical apparatus suitable for the description of a special case of the considered subsystem. Application of special models allowed to organize deep and comprehensive study of properties of subsystems in the aspects going beyond coverage of the general model. Such approach was realized by practice specification of universal models. It is created dynamic functioning of AIS with management of legal users, meaning definition of active objects which can change the state in the course of functioning and intended for control of work of users for the benefit of the Federal Penitentiary Service of Russia.

**Ключевые слова:** информационная система, безопасность, модель, легальный пользователь, система управления.

**Keywords:** informatics system, safety, model, legal user, control system.

Процесс создания автоматизированной информационной системы в основе которой лежит динамическая модель управления функционированием легальных пользователей итерационно повторяется с изменением детализации структуры информационной системы с подсистемой управления легальными пользователями и точности постановки целевых параметров ее работы. Естественный ход этапов процесса создания автоматизированной информационной системы (АИС) в основе которой лежит динамическая модель управления функционированием легальных пользователей накладывает требование учета сложных и достаточно сложно формализуемых особенностей входов системы управления и порождаемых ими изменений конечного состояния системы управления, содержательные особенности

входного потока сведений, вероятностные характеристики возможностей изменения состояния системы управления и объекта управления.

Разработка управленческого решения основывается на хорошо зарекомендовавших себя методах принятия решений [1-3].

Динамическое моделирование управления автоматизированной системой и функционированием ее легальных пользователей, по существу, представляется в форме описания ее деятельности как информационной системы с обратной связью. На вход модели поступают массивы информации извне, на выходе – прогнозируемый результат.

Критериями оценки качества управления могут выступать эффективность, надежность, защищенность, быстродействие, качество продукции и т.д.

Необходимо отметить важные отличительные черты процесса разработки моделей АИС с подсистемами управления сложными объектами:

– модель определения качества выработанных управляющих воздействий одновременно является моделью АИС в целом, содержащей целостное представление о ее функционировании, интерфейсах объектов управления;

– отсутствие стандартизированных моделей обработки информационных ресурсов АИС с подсистемой управления легальными пользователями и как следствие необходимость их разработки.

Все возможные режимы работы автомата управления («решение», «действие», «отклик») поведение системы управления характеризуется наличием пауз для выполнения действий и принятия решений, разногласиями между входными и выходными параметрами системы управления, наличием произвольных модификаций в системе управления.

В рамках решения комплексной задачи разработки модели управления работой легальных пользователей информационной системы значение имеет предварительная оценка таких систем с точки зрения их безопасности.

Всякая система управления, в том числе автоматизированная информационная система, выполняет три основные функции, упомянутые ранее.

Существенно, чтобы требования, предъявляемые к разработке АИС, эффективно содействовали достижению целей безопасности.

Суть динамического моделирования заключается в том, что система или отдельные ее элементы заменяются такой моделью, которая имеет сходные с оригиналом динамические свойства самых широких границах.

Динамическое моделирование рассматривает переходные процессы. Для этих целей на исследуемую схему в заданных точках подаются типовые воздействия.

Процесс разработки динамической модели функционирования АИС также имеет целью уточнение требований безопасности, причем каждое приближение в итерационном процессе уточнения представляет собой декомпозицию проекта с его дополнительной детализацией.

Требования безопасности функционирования АИС в предлагаемой структуре динамической модели содержат описание штатных (нормальных) для АИС режимов работы, так могут быть заявлены требования отсутствия нештатных способов функционирования системы. Наличие штатного (нормального) режима, очевидно, доказывается в процессе эксплуатации АИС по ее назначению, и тогда достаточно будет описать объектную модель, описывающую предметную область для которой разрабатывается система в виде неизменной во времени структуры взаимодействия объектов. В то время как уменьшение риска наличия нежелательного режима в значительной мере определяется последовательно:

– моделированием поведения АИС, предоставляющим оценку влияния на него массива внешних воздействий;

- испытаниями (тестированием) АИС;
- экспертизой проекта;
- окончательной реализацией АИС.

Такой подход в уменьшении рисков позволяет, судить, во-первых, об отсутствии нежелательного режима, во-вторых, об адекватности применяемой модели функционирования АИС.

Для возможности исследования функционирования АИС в режиме функционирования нужно предусмотреть конечное множество сценариев ее работы, в которых в явном виде проявляются наиболее стандартные варианты применения АИС легальным пользователем.

Основные компоненты модели функционирования любой АИС включают в себя структурные элементы, которые содержат параметры, дающие возможность разработчику специфицировать совокупность характеристик, включаемых в техническое задание на разработку конкретной АИС для выполнения требований безопасности информации.

Структурные элементы, внедренные для обеспечения безопасности информации способны однозначно определять значения указанных параметров, ограничения на значения которые он принимает. Значения могут рассматриваться как дискретное измерение параметра, а также как правило, описывающее допустимые значения параметра. Использование такого универсального метода позволяет получить динамическую модель функционирования любой конкретной АИС.

Оценка режима функционирования АИС проводится по выбранным критериям с использованием динамической модели и преследует две цели:

- во-первых, продемонстрировать, что описание режима функционирования АИС является полным, непротиворечивым, технически правильным и, следовательно, пригодным для использования в качестве основы для оценки соответствующего объекта;
- во-вторых, в случае, если в задании имеется утверждение о соответствии какому-либо условию (требованию), продемонстрировать, что данная АИС должным образом отвечает этим требованиям.

Как правило, динамическая модель представляет собой совокупность разработанных на основе описания структуры информационной системы диаграмм состояний ее объектов, которые в полной мере описывают интерфейсные связи ее объектов, управляемые параметры и возможные состояния системы управления. Такое представление решает задачу описания практического взаимодействия объектов управления информационной системы.

Рассмотрим для примера типичную блок-схему модели функционирования АИС, состоящей из ряда ОЗИ, представленную на рисунке 1. На нем в развернутом виде показана схема потока информации для двух объектов защиты информации (ОЗИ) в аспекте их взаимодействия между собой и с окружающими объектами. Ими могут быть, например, средство вычислительной техники (СВТ), телекоммуникационное оборудование (ТКО) и т.п., входящие в состав анализируемой АИС.

На рисунке 1 сплошными стрелками изображены возможные анализируемые параметры модели:

- связи и взаимодействия параметров модулей согласно перечню контролируемых параметров АИС в целом и отдельных ее элементов;
- параметры внешних факторов (уязвимостей), влияние которых полагается существенным при построении модели функционирования АИС (взаимосвязь – двойная стрелочка, подчинение – стрелка с одним указателем) или их отсутствия (пунктирная линия).

Полужирными стрелками обозначены направления потока информации (сигналов) о поведении отдельных модулей и моделируемого объекта в целом при изменении входных параметров по заданной программе и в установленных диапазонах.

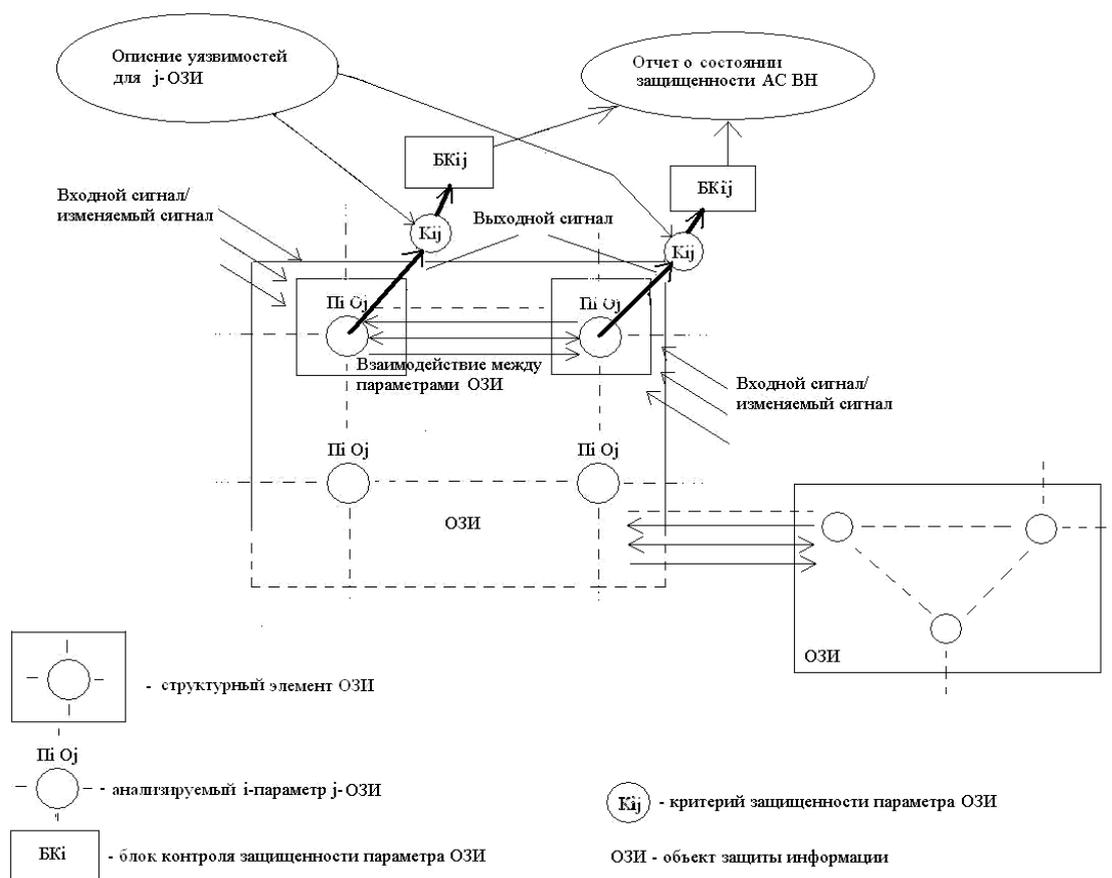


Рисунок 1. Блок-схема модели функционирования СУБД

Данные ОЗИ могут характеризоваться различными анализируемыми параметрами  $P_i O_j$  в составе структурных элементов  $OZI_j$ , которых может быть  $N$ -ое количество. Каждый из параметров  $P_i O_j$  имеет набор характеристических входных сигналов.

Пунктирные линии показывают связи между  $OZI_j$  внутри АИС.

Работа модели функционирования системы включает следующие этапы:

1) извне на  $OZI_j$  воздействует  $i$ -й входной сигнал, сгенерированный легальным пользователем АИС из массива всех исходных данных с определенным значением параметра  $P_i O_j$  (или происходит изменение этого параметра);

2) реакция на  $i$ -й входной сигнал, сгенерированный легальным пользователем АИС в формализованном виде, анализируется модулем критериев защищенности  $K_{ij}$  на соответствие одному из заданных вариантов функционирования и преобразуется в форме  $i$ -го выходного сигнала;

выходные сигналы направляются в блоки контроля защищенности  $BK_i$ . Блоки  $K_{ij}$  взаимосвязаны с блоком описания уязвимостей для данного ОЗИ;

на выходе получаем стандартный отчет о состоянии защищенности  $OZI_j$  и АИС в целом.

Рассмотрим архитектуры моделей функционирования приведенных выше объектов защиты информации в рамках работы легальных пользователей АИС (ОЗИ).

При разработке модели функционирования информационной системы, на основе архитектуры пакетной обработки должны быть реализованы следующие этапы:

- составление системы диаграмм потоков данных по фазам выполнения процессов;
- выделение классов промежуточных объектов между последовательными фазами;
- разработка объектной модели промежуточных фаз, которые по необходимости разбиваются на подфазы.

Разработка динамической модели функционирования информационной системы реального времени предполагает этапность.

Во-первых, необходимо построение диаграммы потока данных. Граничные активные объекты информационной системы выбираются и функционируют на основании структур данных, с динамическими значениями. Хранилища данных, связанные с ее внутренними фазами, отражают параметры, которые влияют на зависимость между входными и выходными данными фазы;

Во-вторых, необходимо определить классы промежуточных объектов между каждой парой последовательных фаз. Каждая фаза знает об объектах, расположенных на объектной диаграмме до и после нее;

В-третьих, необходимо представить каждую фазу как последовательность изменений значений элементов выходной структуры данных в зависимости от значений элементов входной.

Важно иметь в виду, что истинная информация не фигурирует внутри системы. Она может быть известна только постороннему наблюдателю, обладающему средствами измерения идеальной точности, способными зафиксировать значения параметров, связанных с функционированием системы.

Таким образом, средствам обработки информации передается осведомительная информация о состояниях элементов системы и воздействиях внешней среды.

Для разных объектов и систем разработан ряд динамических моделей, описывающих процессы с различной степенью детальности.

На наш взгляд, можно выделить **два типа динамики системы**:

- 1) функционирование – процессы, которые происходят в системе, стабильно реализующей поставленную цель;
- 2) развитие – то, что происходит с системой при изменении ее целей.

Моделирование сложной информационной системы с управлением легальным пользователем удобно начинать с ее описания как агрегативной системы.

Построение автоматизированной информационной системы основывается на разработке моделей с математическим аппаратом пригодным для описания частного случая рассматриваемой подсистемы. Применение специальных моделей позволяет организовать более глубокое изучение свойств подсистем в аспектах, выходящих за охват общей модели, такой подход может быть реализован путем практикоориентированной детализации универсальных моделей.

Предложения по алгоритму выявления «слабых» мест в системе защиты информации на основе анализа динамической модели функционирования АИС могут быть сформулированы в аспекте обнаружения уязвимостей моделируемой АИС и выдачи сигнала тревоги. Причем, формулирование предложений по исходным требованиям ограничивается только возможностями экспертно-аналитического метода анализа функционирования предполагаемой модели АИС.

## **Выводы**

Следуя предлагаемому подходу к анализу и оценке функционирования АИС и ее системы управления легальными пользователями, можно достоверно идентифицировать и классифицировать угрозы безопасности функционирования АИС по данным о способах реализации угроз и возможных нарушителях, удовлетворяющих требованиям заказчика.

При этом следует учитывать то обстоятельство, что правильно организованный экспертный метод по чувствительности превосходит многие приемы лабораторных исследований. Однако результаты экспертных измерений в определенной степени субъективны и зависят от квалификации экспертов, порядка и условий проведения экспертиз, выбора алгоритмов обработки статистической информации. Очевидно, экспертные методы позволяют избежать характерных ошибок, неизбежных при использовании формальных методов.

По результатам определения угроз безопасности информации могут разрабатываться рекомендации по корректировке структурно-функциональных характеристик автоматизированной системы управления легальными пользователями, направленные на блокирование (нейтрализацию) отдельных угроз безопасности информации.

## **Литература**

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.
2. Марков Л.Н. Анализ и процедуры принятия решений. Мн.: Институт управления и предпринимательства, 2001. 168 с.
3. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.: 1998. 246 с.

## СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

УДК 004:62-5:620.9

### РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОГО БЛОКА АВТОНАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

### DEVELOPMENT OF NEURAL NETWORK AUTO ADJUSTMENT UNIT PID-REGULATOR FOR ENERGY FACILITIES

Щербатов И.А., Артюшин В.А., Долгушев А.Н.,  
Национальный исследовательский университет «МЭИ»,  
г. Москва, Российская Федерация

I.A. Shcherbatov, V.A. Artiushin, A.N. Dolgushev,  
National research university "MPEI", Moscow, Russian Federation

e-mail: html98@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена разработке нейросетевого блока автонастройки ПИД-регулятора для объектов энергетики. Обоснована целесообразность и эффективность использования нейросетевого моделирования для проектирования автоматических систем управления на электростанциях. В частности, подробно проанализированы особенности повышения эффективности ПИД-регулятора одноконтурной системы регулирования технологических параметров в энергетике за счет применения технологии искусственных нейронных сетей для реализации блока автонастройки. Так с этой целью в статье представлена структура нейросетевой модели, обеспечивающая высокое качество прогнозирования с учетом особенностей технологического объекта регулирования. Также с использованием электронных таблиц, математического пакета «Matlab/Simulink», Интернета разработана модель для автоматического проведения эксперимента, выделены конкретные этапы проведения эксперимента – подача входного импульса, выбор характеристик импульсов, установка периодически изменяющихся настроек ПИД-регулятора, установка параметров блока From Workspace. Представлена обобщенная структурная схема системы управления с нейросетевым блоком автонастройки. Отдельное внимание уделено анализу сравнения одноконтурной системы с ПИД – регулятором и одноконтурной системы с ПИД-регулятором и нейросетевым блоком автонастройки. Полученные результаты позволяют констатировать тот факт, что в процессе изменения параметров объекта, существенное превосходство иллюстрирует использование нейросетевого блока автонастройки.

**Abstract.** The article is devoted to the development of the neural network auto-tuning block of the PID-regulator for energy facilities. The expediency and efficiency of using neural network modeling for the design of automatic control systems at power plants is substantiated. In particular, the features of improving the efficiency of the PID controller of a single-loop system for regulating technological parameters in the power industry are analyzed in detail by using the technology of artificial neural networks to implement an autotune unit. So for this purpose, the article presents the structure of the neural network model, which

provides good quality forecasting, taking into account the characteristics of the technological object of regulation. Also, using a spreadsheet, Matlab/Simulink mathematical package, the Internet, a model was developed for automatically conducting an experiment, specific stages of conducting an experiment were highlighted – input pulse supply, selection of pulse characteristics, setting of periodically changing PID controller settings, setting of From Workspace parameters. A generalized block diagram of a control system with a neural network autotuning block is presented. Special attention is paid to the analysis of comparison of a single-loop system with a PID-controller and a single-loop system with a PID-controller and a neural network auto-tuning unit. The results obtained allow us to state the fact that in the process of changing the parameters of an object, the substantial superiority is illustrated by the use of a neural network autotuning block.

**Ключевые слова:** нейронные сети, энергетика, моделирование, безопасность, управление, ПИД-регулятор, превосходство.

**Keywords:** neural networks, energy, modeling, security, control, PID controller, superiority.

Развитие энергетики характеризуется необходимостью непрерывного совершенствования технических и технологических характеристик оборудования и систем автоматизированного управления (САУ) с целью повышения их эффективности и сокращения эксплуатационных затрат. В тоже время, в процессе модернизации и проектирования нового поколения энергоблоков тепловых и атомных электростанций особое внимание уделяется повышению их безопасности и надежности, улучшению маневренных характеристик [1, С. 7-8]. Поэтому возникает потребность в развитии математических методов проектирования САУ энергоблоками.

Одна из основных задач при создании САУ – обеспечение их адаптивности к изменяющимся условиям среды и нестационарность самого объекта управления. Традиционные методики расчета регуляторов используют приближенные методы и не позволяют корректировать настройки регуляторов при изменении параметров объекта в процессе его эксплуатации. Проведенный критический анализ источников позволяет сделать вывод о целесообразности применения технологии искусственных нейронных сетей (ИНС). Они обладают высокой обобщающей способностью и являются универсальными аппроксиматорами [2, С. 23]. Для этого применяется схема, при которой реализуется коррекция настроек регулятора с использованием ИНС [3, С. 51].

Таким образом, задача разработки нейросетевого блока автонастройки (БА) параметров ПИД-регулятора для объектов энергетики является актуальной.

Рассмотрим подробно особенности повышения эффективности ПИД-регулятора одноконтурной системы регулирования технологических параметров в энергетике, за счет применения ИНС для реализации БА. В нейросетевом БА происходит расчет параметров ПИД-регулятора. Выбор весов ИНС происходит по дельта-правилу. Ключевым аспектом процесса обучения является наличие желаемого выхода ИНС. В качестве обучающего алгоритма использована Байесовская регуляризация и алгоритм обратного распространения ошибки [4]. Для решения задачи используется нелинейную сеть с авторегрессией и внешним входом (NARX). Сеть состоит из входного слоя из двух нейронов, скрытого слоя из  $n$  числа нейронов и выходного слоя из одного нейрона (рисунок 1).

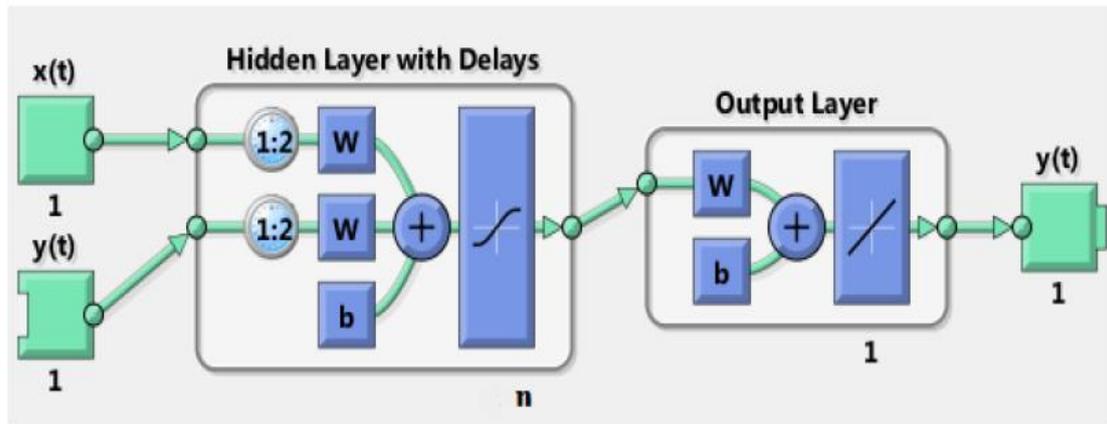


Рисунок 1. Структурная схема нейронной сети

В сети присутствует элемент задержки для сохранения истории сигнала  $y(t)$ , который одновременно является и входным сигналом.

Устойчивая и качественная работа системы регулирования обеспечивается точным подбором настроек ПИД-регулятора. Однако это не значит, что настройка должна быть уникальной, выбрав допустимые настройки по перерегулированию, времени регулирования и колебательности, можно получить массив данных для коэффициентов ПИД-регулятора [5, С. 67-72].

Для расчета используется пакет Tune Matlab/Simulink. В результате опытов в таблице 1 получилась выборка из 69 допустимых настроек ПИД-регулятора для данного объекта.

Таблица 1 – Результаты настройки ПИД-регулятора

Время отклика, сек		Время настройки, сек <		Перерегулирование <	
50 с		135		15%	
Номер наблюдения	Переходный режим	P	I	D	N
1	0,564	1,398	0,035171	12,8545	4,5713
2	0,566	1,3992	0,035098	12,9309	4,5713
3	0,568	1,4005	0,035023	13,0072	4,5713
4	0,57	1,4017	0,034949	13,0832	4,5713
5	0,572	1,4029	0,034874	13,1591	4,5713
6	0,574	1,404	0,034798	13,2349	4,5713
7	0,576	1,4052	0,034723	13,3105	4,5713
8	0,578	1,4063	0,034646	13,3859	4,5713
9	0,58	1,4074	0,03457	13,4611	4,5713
10	0,582	1,4085	0,034493	13,5362	4,5713

Для создания качественной модели нейронной сети нужно обладать достаточным размером обучающей выборки (5000-20000 obs.) [6, С. 115-117]. Для этого в Matlab/Simulink необходимо провести опыты, генерирующие характеристики необходимые для подачи на вход сети, каждый раз изменяя значения коэффициентов передачи.

В качестве входного сигнала будем использовать периодические прямоугольные импульсы со следующими характеристиками: амплитуда ( $A_0$ ) – принимает значение равное 1; период импульса ( $T$ ) – принимает значение 600 с.; скважность ( $q$ ) – принимает значение 300 с.; задержка ( $t_0$ ) – принимает значение 0 с.; длительность

импульса ( $t_i$ ) – принимает значение 300 с.

Выбор характеристик прямоугольных импульсов основывается на том, что выборка будет генерироваться при входном воздействии равном единице. Также каждые 600 с. изменяются коэффициенты настройки ПИД-регулятора, поэтому период равен шестистам секундам. Длительность импульса равна 300 с, так как необходимо гарантировать, чтобы процесс установился.

Вторым этапом подготовки к эксперименту по созданию обучающей выборки является установка периодически изменяющихся настроек ПИД-регулятора. С учетом того, что генератор прямоугольных импульсов имеет период равный 600 с., то логично принять, изменение коэффициентов ПИД-регулятора каждые 600 с., начиная с нуля. Установка правильных настроек играет очень важную роль, так как при различных смещениях, будет гораздо сложнее обработать полученные данные верно. Все это может привести к ошибкам в обучающей выборке, которые, при большом объеме, могут повлиять на качество прогноза коэффициентов или выдавать неверные результаты.

На рисунке 2 представлена обобщенная структурная схема САУ с нейросетевым БА в пакете Matlab/Simulink. В качестве ПИД-регулятора используется встроенный блок PID-controller.

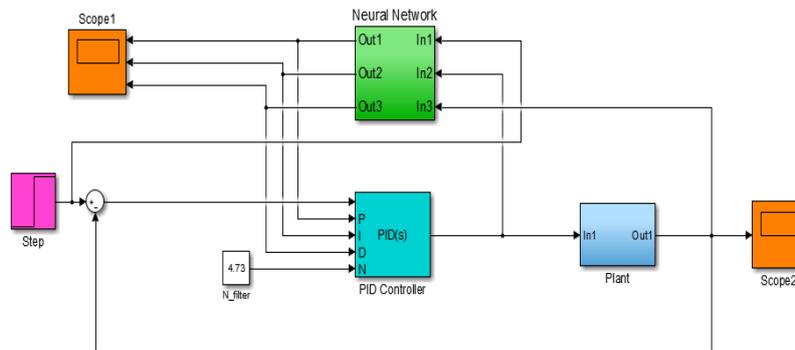


Рисунок 2. Обобщенная структурная схема системы управления

На вход  $N$  (*фильтрующая составляющая*) регулятора подается константа, так как при создании обучающей выборки было замечено, что эта величина постоянна. Нейросетевой БА является подмоделью, созданной в приложении Matlab/Simulink Neural Network Time series Tool. Объектом управления также является подмодель, состоящая из 5 последовательно соединенных апериодических звеньев. Представленная схема САУ позволяет провести необходимые эксперименты для оценки качества моделирования и оценить корректность работы системы в целом (показатели качества – перерегулирование; время настройки; степень затухания).

Для того чтобы провести моделирование различных систем, получены коэффициенты настройки без БА. Анализ сравнения одноконтурной системы с ПИД-регулятором и одноконтурной системы с ПИД-регулятором и нейросетевым БА, при изменении параметров объекта, иллюстрирует существенное превосходство использования последнего. По графикам переходной характеристики удалось установить, что система без нейросетевого БА сильно проигрывает системе с автонастройкой, это связано с тем, что нейросеть генерирует новые коэффициенты ПИД – регулятора при различных входных воздействиях (рисунок 3).

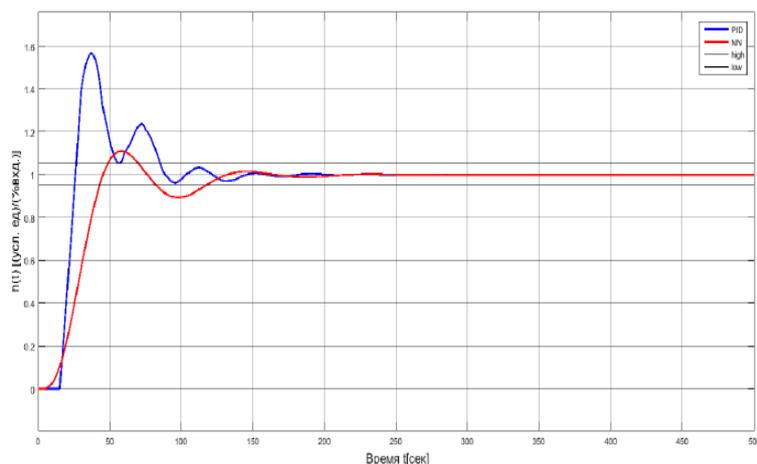


Рисунок 3. Сравнение п/х при изменении объекта на 5% (красный – одноконтурная система с ПИД-регулятором и нейросетевым блоком автонастройки; синий – одноконтурная система с ПИД-регулятором)

При нулевом проценте изменения параметров объекта, динамический выброс системы без автонастройки в 5 раз превосходит выброс системы с нейросетевым БА. По мере изменения параметров объекта эта тенденция прослеживается еще больше. Вероятно, что зависимость имеет линейный характер. Одноконтурная система с ПИД-регулятором и нейросетевым БА остается устойчивой и обеспечивает хорошее качество процесса при изменении параметров объекта на 45% (в отличие от системы PID-потеря устойчивости). Также она позволяет снизить перерегулирование на 40%, в отличие от одноконтурной системы с ПИД-регулятором.

Время регулирования имеет экспоненциальный характер при изменении параметров объекта. Одноконтурная система с ПИД-регулятором и нейросетевым БА обеспечивает 30% превосходство степени затухания по сравнению с одноконтурной системой с ПИД-регулятором. Система без автонастройки начинает «уходить в разнос» начиная с 15% изменения параметров объекта. При этом время регулирования у системы с нейросетевым блоком держится на плато вплоть до 30% изменения объекта.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что система с нейросетевым БА оправдана и может быть использована в реальных системах регулирования.

## Выводы

Факторы обеспечения достаточного уровня надежности и управляемости объектов энергетики на современном этапе развития стали предметом самого пристального рассмотрения как в экономическом, организационном и практическом аспектах, так и с точки зрения природных и технических наук (в первую очередь), поскольку основой физической защиты может быть только научно обоснованная, кибернетически обеспеченная и информационно защищенная материально-техническая база.

В статье представлена структура нейросетевой модели, обеспечивающая хорошее качество прогнозирования с учетом особенностей технологического объекта регулирования. Также разработана модель для автоматического проведения эксперимента, с целью получения «сырой» обучающей выборки, позволяющая значительно сократить время на генерацию необходимых данных и синтезирована обучающая выборка, посредством нахождения настроек ПИД-регулятора, по заданным характеристикам переходного процесса.

## Литература

1. Лившиц И.И., Неклюдов А.В., Танатарова А.Т. Оценка современных условий обеспечения безопасности сложных промышленных объектов // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2018. – №2. – С. 5-14.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработка информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика. 2002. – 344 с.
3. Еременко Ю.И., Полещенко Д.А., Глушенко А.И. Анализ методов реализации схемы нейросетевого управления с самонастройкой // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2012. – №6. – С. 50-55.
4. Усков А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечёткая логика. М.: Горячая Линия – Телеком, 2004. 143 с.
5. Hernández-Alvarado R., García-Valdovinos L.G., Salgado-Jiménez T., Gómez-Espinosa A., Fonseca-Navarro F. Neural Network-Based Self-Tuning PID Control for Underwater Vehicles Sensors. 2016. Vol. 15, No. 9.
6. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. – М.: ПараГраф, 1990.

## СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ

УДК 004:621.039

### ВЫДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЙ В БАЗЕ ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

### THE DEFINITION OF RELATIONS IN DATABASE OF ACOUSTIC SIGNALS OF SOUND ALARM

Базулев И.И., Ахремчик О.Л.,  
ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет»,  
г. Тверь, Российская Федерация

I.I. Basulev, O.L. Akhremchik,  
FSBEI NPE “Tver state technical university”, Tver, Russian Federation

e-mail: axremchic@mail.ru

**Аннотация.** На основе анализа области технологической сигнализации выделены отношения между сущностями базы данных акустических сигналов для систем управления технологическими процессами. Изменение вида акустического сигнала в базе определяется типом сигнализации и классом отклонений параметров процесса. Изменение характеристик сигнала в базе зависит от числа ошибок оператора при устранении причин срабатывания сигнализации и времени реакции на сигнал. Для представления характеристик сигнала используется модель, предусматривающая описание в виде последовательностей звучания и пауз между звучанием акустического сигнала определенной частоты. В качестве основных выделены отношения: «операторы», «сигналы», «продукции», «операторы-сигналы», «продукции-сигналы», «приоритеты». Сложные отношения типа «продукции-сигналы» являются вспомогательными. Для базовых отношений не имеющих потенциальных ключей введены суррогатные первичные ключи, которые не несут смысловой нагрузки и служат для идентификации записей. Для отношений «Сигналы» и «Приоритеты» введены суррогатные ключи ID\_сигнала и ID\_приоритета. Представлены поля выделенных отношений, являющиеся как уникальными полями, так и внешними ключами. Использование базы данных позволит снизить число ошибок за счет адаптации сигнала классу тревог и особенностям оператора.

**Abstract.** On the basis of the analysis of area of the technological alarm system the relations between entities of the database of acoustic signals for process control systems are allocated. Change of a type of an acoustic signal in the database is defined by type of the alarm system and a class of deviations of process parameters. Variation of signal characteristics in database depends on number of mistakes of the operator at elimination of the reasons of operation of the alarm system and time of reaction to a signal. For representation of characteristics of a signal the model providing the description in the form of the sequences of sounding and pauses between sounding of an acoustic signal of a certain frequency is used. As the main the relations are allocated: “operators”, “signals”, “rules”, “operators-signals”, “rules-signals”, “priorities”. Complex relations like “products-signals”

are auxiliary. For basic relations of not having potential keys substitute primary keys which do not bear semantic loading are entered and serve for identification of records. For the relations “Signals” and “Priorities” are entered substitute keys of Id\_signal and Id\_prioritet. The fields of the allocated relations which are both unique fields, and external keys are presented. Use of the database will allow to lower number of mistakes due to adaptation of a signal to a class of alarms and to features of the operator.

**Ключевые слова:** акустический сигнал, база данных, процесс, сигнализация, оператор, отношение.

**Keywords:** acoustic signal, database, process, alarm, operator, relation.

Распространение многоуровневых распределенных систем управления технологическими процессами с использованием SCADA систем на цеховых уровнях управления создает предпосылки создания небольших объектно-ориентированных баз акустических сигналов звуковой сигнализации. Такие сигналы в базе отличаются частотой колебаний и звуковым давлением. Применение акустических сигналов для формирования сигнальных сообщений обусловлено тем, что время реакции человека на звуковой сигнал меньше времени реакции на тактильное раздражение и восприятие звука в меньшей степени зависит от положения головы оператора, чем при использовании зрительного анализатора [1]. Кроме того, использование акустических сигналов позволяет снизить информационную сложность панелей оператора.

Под сигнализацией в настоящей статье понимается формирование набора сигналов, предназначенных для восприятия оператором с целью выработки и осуществления воздействий по компенсации отклонений в ходе технологического процесса и предотвращению угроз здоровью оператора, технологическому оборудованию и окружающей среде. Сигнализация формируется как комбинация световых и звуковых сигналов.

В последнее время применение информационных технологий в сфере управления технологическими процессами приводит лавинному росту формирования сигнализаций (до 1500 за сутки), что требует поиска путей рационализации формирования сигнализаций [2]. Предлагаемый инженерами компании Yaskawa Motoman Robotics подход подразумевает выделение последствий, наступающих после бездействия оператора [2]. Авторами предлагается использование разных акустических сигналов при разных прогнозируемых последствиях отсутствия реакции (бездействия) оператора. Такой подход требует построения моделей данных и последующего создания базы данных для хранения и воспроизведения сигналов.

Степень нервно-психического напряжения оператора зависит как от вида информационной нагрузки при управлении процессом, так и от характеристик ее параметров. К примеру, степень напряженности трудовой деятельности при управлении определяется плотностью сигналов (световых, звуковых) и сообщений за час смены, длительностью сосредоточенного наблюдения оператора в процентах от времени смены и т.д., и зависит не только от состояния центральной нервной системы, но и от их характеристик [3]. Поэтому предлагается в подсистеме звуковой сигнализации в зависимости от разных условий изменять как вид, так и характеристики сигналов.

Подсистема для хранения акустических сигналов в АСУТП строится с учётом допущений:

- каждому оператору соответствует несколько акустических сигналов;

- каждый акустический сигнал, генерируемый для оператора должен иметь особенности, соответствующие индивидуальным свойствам оператора;
- каждому акустическому сигналу должен быть присвоен приоритет.

Приоритет определяется на основе оценки последствий появления отклонений в ходе технологического процесса и функционирования системы управления им. Предусматривается, что наступление отклонения с высшим приоритетом блокирует появление сигнала низшего приоритета.

Приоритет сигнализации помогает оператору принять решение, на какую из ситуаций следует реагировать в первую очередь, поэтому он является ключевым для безопасного и эффективного управления процессом [2]. Традиционно приоритетность делят на три или четыре уровня с определениями, такими, как критическое состояние или угроза – высокая, средняя, низкая.

В основу предлагаемой инфологической модели базы данных акустических сигналов положена концепция автоматизированного присвоения соответствия сигналов оператору на основе как приоритета и типа сигнализации, так и контроля числа допускаемых после сигнала ошибок деятельности и времени реакции оператора на сигнал (рисунок 1). Модель рассматриваемой области состоит из составляющих, описывающих разные аспекты реляционного подхода: структурной части, манипуляционной части и целостной части. В структурной части выделяются нормализованные  $n$ -арные отношения.

Перед выделением отношений определим базовые сущности и их атрибуты для подсистемы звуковой сигнализации:

- *операторы* имеют атрибуты – ФИО, идентификатор;
- *акустические сигналы* имеют атрибуты – коэффициент модуляции амплитуды, длительности звучания и пауз между звучанием, частота звуковой волны
- *приоритеты* имеют атрибуты – важность отклонения, значимость различия для оператора.

Акустические сигналы для предупреждающей, уведомляющей и аварийной сигнализаций различны. Предполагается, что реакция оператора на разные виды сигналов должна различаться. При этом число допускаемых ошибок в действиях оператора связано со временем выполнения действий по ликвидации причин срабатывания сигнализации.

Аутентификация оператора предусматривает ввод персональных данных, к которым дополнительно относятся опыт работы и психофизиологические особенности (характеристики центральной нервной системы). Выбор класса ситуации устанавливает тип сигнализации (предупредительной или аварийной), а также выбор приоритета в зависимости от значимости отклонения состояния технологического процесса. Выбор вида сигнала базируется на определении наименьшего количества совершенных оператором ошибок, в ходе действий при срабатывании аварийной или предупредительной сигнализации. На этапе изменения характеристик сигнала минимизируется дисперсия разброса значений времени реакции оператора на подаваемый сигнал. Сигнал с установленными параметрами заносится в базу данных и для него устанавливается соответствие оператору.

В зависимости от числа допущенных оператором ошибок при моделировании сигналов в ходе построения базы данных изменяются характеристики акустического сигнала. Акустический сигнал формируется из последовательности акустических импульсов определенной частоты ( $a$ ) и пауз ( $b$ ), повторяющихся с периодом  $T$ .

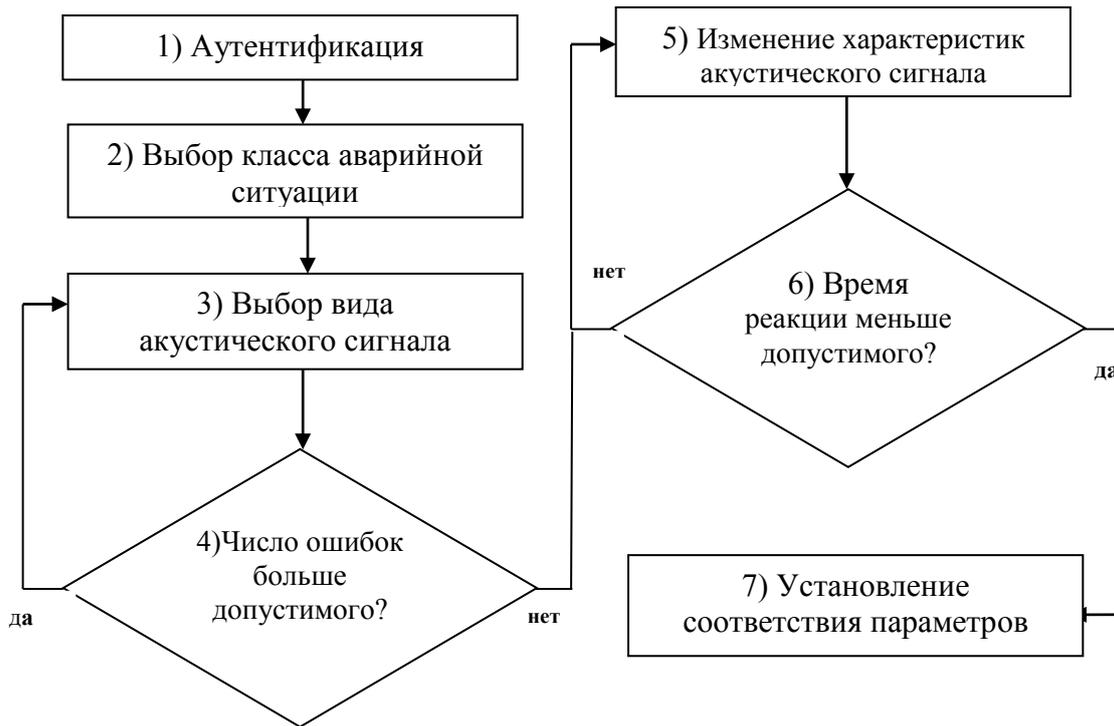


Рисунок 1. Установление соответствия акустического сигнала оператору

Например, для аварийного сигнала [4]:

$$U = 10^{-2}(1 + m_a \sin \omega t) (\sin (2\pi ft), k(t) \leq k(a), (a) \geq 0.2;$$

$$U = 0, k(a) \leq k(t) \leq k((a) + (b)), 0.2 \leq (b) \leq 0.8, 800 \leq f \leq 5\ 000;$$

где  $U$  – интенсивность звука, Вт/м<sup>2</sup>;  $m_a$  – коэффициент модуляции амплитуды;  $(a)$  и  $(b)$  – длительности звучания и пауз, с;  $\omega$  – частота тональной модуляции;  $k = 1, 2, 3, \dots, N$ ;  $f$  – частота звуковой волны, Гц.

При формировании уведомительных или предупредительных сигналов изменяются интенсивность звука, частота звуковой волны, частота модуляции.

ER–диаграмма базы данных содержит три базовые сущности (рисунок 2) (выделены полужирным шрифтом).

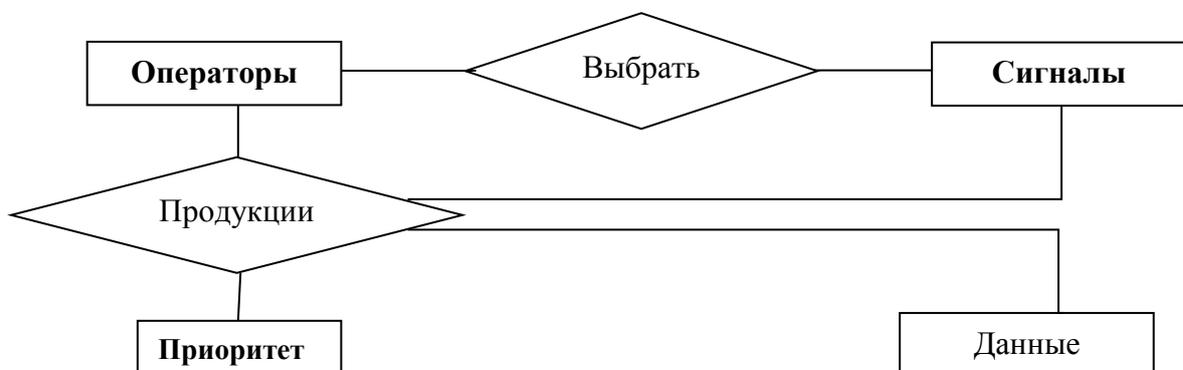


Рисунок 2. ER–диаграмма базы данных акустических сигналов



Потенциальными ключами отношения «Операторы» являются «ФИО» и «Идентификатор». Первый ключ хранится в базе как длинная строка, поэтому в качестве основного выбирается второй. «Сигналы» и «Приоритеты» нельзя четко идентифицировать по их атрибутам, поэтому необходимо ввести суррогатный ключ ID\_сигнала и ID\_приоритета. Кортежи отношения «Продукции» можно идентифицировать с помощью ключа «Номер\_продукции».

Потенциальными ключами вспомогательных отношений являются комбинации первичных ключей соответствующих базовых отношений.

Преобразование ER–диаграммы в схему базы данных выполняется путем сопоставления каждой сущности и каждой связи, имеющей атрибуты, выделенного отношения (таблицы 1-9).

Для каждого отношения ниже указаны атрибуты с их внутренним названием, типом и длиной.

Типы обозначаются как: S – символьный, C – числовой, D – данные.

Установленные связи в дальнейшем будут реализованы в специализированной базе данных средствами языка Паскаль в среде Delphi, что определяется внедрением в промышленные системы управления результатов исследовательских проектов, в частности базы данных исследования характеристик оператора [1].

Таблица 1. Схема отношения «Операторы»

Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечания
ФИО	O NAME	S(50)	Обязательное поле
Идентификатор оператора	O_ID	C(4)	Первичный ключ

Таблица 2. Схема отношения «Сигналы»

Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечания
Длительность звучания	S DZ	C (3)	Обязательное поле
Длительность пауз	S DP	C (3)	Обязательное поле
Частота гармоник	S ChTM	C (4)	Обязательное поле
Частота основной звуковой волны	S ChZV	C (4)	Обязательное поле
Идентификатор сигнала	S ID	C (3)	Суррогатный первичный ключ

Таблица 3. Схема отношения «Операторы-сигналы»

Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечания
Идентификатор оператора	O ID	C(4)	Внешний ключ (к «Операторы»)
Идентификатор сигнала	S ID	C (3)	Внешний ключ (к «Сигналы»)

Таблица 4. Схема отношения «Продукции»

Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечания
Номер продукции	P ID	C (4)	Первичный ключ
Описание	P OPIS	D (5000)	Обязательное поле

Таблица 5. Схема отношения «Продукции-Операторы»

Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечания
Номер продукции	P ID	C (4)	Внешний ключ (к «Продукции»)
Идентификатор оператора	O ID	C(4)	Внешний ключ (к «Операторы»)

Таблица 6. Схема отношения «Продукции-Сигналы»

Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечания
Номер продукции	P ID	C (4)	Внешний ключ (к «Продукции»)
Идентификатор сигнала	S ID	C (3)	Внешний ключ (к «Сигналы»)

Таблица 7. Схема отношения «Приоритеты»

Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечания
Значение	R_VAZ	S (10)	Многозначное обязательное поле
Значимость различия	R_ZNACH	C (5)	Многозначное обязательное поле
ID_приоритета	R_ID	C (3)	Суррогатный первичный ключ

Таблица 8. Схема отношения «Данные»

Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечания
Номер сигнала	C_ID	C (3)	Первичный ключ
Время реакции	C_REAK	C (5)	Вычисляемое числовое поле
Параметр	C_PARAM	C (4)	Вычисляемое числовое поле

Таблица 9. Схема отношения «Продукции-Данные»

Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечания
Номер продукции	P_ID	C (4)	Внешний ключ (к «Продукции»)
Номер сигнала	C_ID	C (3)	Внешний ключ (к «Данные»)

В выделенных схемах отношений не представлены ограничения целостности: значения всех числовых атрибутов больше 0; в отношении «Продукции» номера изделий должны следовать подряд начиная с 1; тип данных в атрибуте «описание», отношения «Продукции», является правилами продукции, записанными в нотации «Если то», предназначенными для работы внешнего программного обеспечения, подключаемого к разрабатываемой базе.

База данных предусматривает возможность добавления новых модулей с использованием модели обработки сложных событий, включающей как переменные в виде отклонений состояния технологического процесса, так и переменные в виде характеристик оператора. При создании базы данных характеристики оператора рассматриваются как источники формирования вторичных событий, которая будет заноситься в базу данных после формирования акустического сигнала.

Полученные таблицы являются основой реляционной модели для описания области акустических сигналов для подсистем звуковой сигнализации.

Таблицы обладают свойствами: каждый элемент таблицы является одним элементом данных, все элементы в столбце имеют одинаковый тип, каждый столбец имеет уникальное имя, одинаковые строки в таблице отсутствуют, порядок следования строк и столбцов может быть произвольным. Выделенные свойства позволяют считать данные таблицы составляющими реляционной модели базы данных акустических сигналов.

Рассматриваемая база входит в состав испытательного стенда, предназначенного для исследования человеко-машинного взаимодействия в лаборатории технических средств автоматизации Тверского государственного технического университета.

В целом рассматриваемые отношения являются результатом системного проектирования АСУТП, в котором согласно методологии компании Siemens PLM Software цифровые цепочки, соединяя все этапы создания продукта, начиная от формирования образа с использованием средств разработки изделия и инженерного анализа [5].

## Выводы

В работе выделены и исследованы отношения между сущностями базы данных акустических сигналов подсистем звуковой сигнализации для систем управления технологическими процессами.

Отношения предусматривают установление вида и характеристик акустических сигналов на основе продукций, характеризующих связи между классом ситуации, видом сигнализации, ее приоритетом с одной стороны и числом ошибок и временем реакции оператора на сигнал с другой стороны.

Выделенные отношения можно классифицировать на базовые, дочерние и вспомогательные.

К вспомогательным отношениям относятся отношения, связанные с первоначальным выбором сигналов на основе производственных правил.

Использование базы данных позволит снизить число ошибок при реакции на событие, приводящее к срабатыванию сигнализации, за счет адаптации сигнала к классу тревог и особенностям оператора.

### **Литература**

1. Ахремчик О.Л., Базулев И.И. Программный комплекс для измерения времени аудио-моторных реакций операторов систем управления химико-технологическими процессами // Программные продукты и системы. 2017. Т.30. №2. С. 328-332.
2. Нифес Э. Управление датчиками тревоги – применение рационализации // Control Engineering Россия. 2011. №9. С. 38-44.
3. Лоскутова Т.Д. Время реакции как психофизиологический метод оценки функционального состояния ЦНС // Нейрофизиологические исследования в экспертизе трудоспособности. Л.: Медицина, 1978. С. 165.
4. Ахремчик О.Л., Базулев И.И. Характеристики аварийных и предупредительных звуковых сигналов при управлении технологическими процессами // Вестник Тверского государственного технического университета. 2018. №1 (33). С. 15-17.
5. Сиеда Тина Табин Трансформация инженерного анализа в рамках системного проектирования // CAD/CAM/CAE Observer. 2017. №2 (110). С. 16-18.

## IT ГЛАЗАМИ ШКОЛЬНИКА

УДК 004:373.1

### ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМ В НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЕ

### ON THE ACTUALITY OF THE APPLICATION OF EDUCATIONAL ONLINE PLATFORMS IN ELEMENTARY SCHOOL

Фортыгина С.Н.,  
ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный  
гуманитарно-педагогический университет»,  
г. Челябинск, Российская Федерация

S.N. Fortygina,  
FSBEI HE “South-Ural state humanitarian pedagogical university”,  
Chelyabinsk, Russian Federation

e-mail: fortyginasn@cspu.ru

**Аннотация.** В представленной статье раскрыты особенности внедрения информационно-коммуникационных технологий в процесс образования через следующие организационно-управленческие формы: дистанционное обучение; онлайн-обучение; электронное содействие обучению. Изучены организационно-управленческие формы и представлены сведения о способах получения учебного материала обучающимися образовательного учреждения посредством применения Интернет-технологий. Установлено, что в основу данных организационно-управленческих форм положен различный способ организации взаимодействия между участниками образовательного процесса. Изучены образовательные возможности организационно-управленческих форм на основе применения сети Интернет и выделены варианты интернет-обучения, применяемые на всех ступенях образования. Представлены следующие возможные варианты интернет-обучения в общеобразовательном учреждении: образовательные платформы, учебные материалы в свободном доступе. Установлено, что эффективным средством обучения в начальной школе является применение образовательных онлайн-платформ. Описаны дидактические возможности применения образовательных онлайн-платформ для организации эффективного обучения в начальной школе. Приведен краткий обзор современных интерактивных образовательных платформ, применяемых в процессе онлайн-обучения учащихся начальной школы с указанием преимуществ и недостатков платформ. Подчеркнута значимость и актуальность применения педагогом интерактивных образовательных онлайн-платформ как в начальной школе, так в среднем и старшем звене.

**Abstract.** The article reveals the features of the introduction of information and communication technologies in the process of education through the following organizational and managerial forms: distance learning; online learning; e-learning assistance. Organizational and managerial forms are studied and data on ways of receiving educational material by students of educational institution by means of application of the Internet

technologies are presented. It is established that the basis of these organizational and managerial forms is a different way of organizing interaction between the participants of the educational process. Educational opportunities of organizational and administrative forms on the basis of application of the Internet are studied and the options of the Internet training applied at all levels of education are allocated. The following possible options of Internet education in a General educational institution are presented: educational platforms, educational materials in free access. It is established that an effective means of teaching in primary school is the use of educational online platforms. The article describes the didactic possibilities of using educational online platforms for the organization of effective training in primary school. A brief overview of modern interactive educational platforms used in the process of online education of primary school students with the advantages and disadvantages of the platforms is given. The importance and relevance of the teacher's use of interactive educational online platforms both in primary school and in secondary and senior levels are emphasized.

**Ключевые слова:** информационно-коммуникационные технологии, e-learning, электронное содействие обучению, образовательная платформа, начальная школа.

**Keywords:** information and communication technologies, e-learning, electronic learning assistance, educational platform, elementary school.

Активное применение информационно-коммуникационных технологий в образовательную среду связано с появлением интерактивных online-платформ в сети Интернет, которые непрерывно осуществляют обмен данными между пользователями в реальном режиме времени. Использование online-платформ в образовательных учреждениях способствует экономии временных, материальных и трудовых ресурсов субъекта обучения в приобретении знаний, умений и навыков. Появление образовательных платформ также связывают с необходимостью повышения качества образования, которое возможно достичь через наполняемость информационного ресурса учебным материалом к различным образовательным программам. Наполняемость содержания учебного материала в образовательных платформах определяется специалистами отдельных учебных областей.

Для реализации процесса интерактивного обучения на основе сети Интернет используют различные организационно-управленческие формы. Так, например, в своей работе «Образовательные платформы как средство интенсификации профессиональной подготовки студентов колледжа» Тиунова Н.Н. выделяет следующие организационно-управленческие формы: дистанционное обучение; онлайн-обучение; электронное содействие обучению [3]. Дистанционное обучение предполагает самостоятельную форму изучения учебного материала обучающимися посредством применения Интернет-технологий или других средств, предусматривающих интерактивное обучение.

В отличие от дистанционного обучения онлайн-обучение строится на онлайн-взаимодействии между участниками образовательного процесса через получение знаний в различных форматах: аудио, видео, текст с гиперссылками, инфографика и прочее. Электронное содействие обучению учащихся предполагает сопровождение очного обучения элементами виртуального обучения на основе использования информационно-коммуникационных технологий.

Данные организационно-управленческие формы обучения невозможно реализовать без качественной подготовки педагогов, к которым предъявляется ряд требований по организации образовательного процесса [1, 5]. Современный педагог

должен обладать ИКТ-компетентностью, уметь грамотно использовать учебный материал интерактивных образовательных платформ в дополнении к традиционному образованию. Работая с интерактивной онлайн-платформой, задачей педагога становится необходимость отбора материала, соответствующего учебному предмету и внедрению его в образовательный процесс. С целью повышения самообразования обучающихся, разработанные интерактивные образовательные платформы представлены в свободном доступе и соответствуют ступеням системы образования.

Так, например, одной из известных интерактивных образовательных платформ, применяемых на ступени начального образования, является всероссийский портал «Учи.ру» [4]. Данная онлайн-платформа направлена на изучение школьных предметов через выполнение обучающимися определенных заданий в соответствии с уровнем сложности. Интерактивная образовательная онлайн-платформа «Учи.ру» предназначена для педагогов, родителей и обучающихся, которые в свободном доступе могут поработать со всеми представленными образовательными курсами, разработанными в соответствии с государственным стандартом. Пройденный учебный материал сопровождается мультсериалом и тестовыми работами. Отличительной особенностью данной платформы является индивидуальная обработка полученных знаний каждым учеником, наличие постоянного диалога с обучающимися через помощника Дино, игровая форма обучения, возможность участия во всероссийских олимпиадах. Недостатком данной образовательной платформы является платный премиум-аккаунт, который позволяет обучающимся заниматься на сайте без ограничений.

Другой интерактивной образовательной онлайн-платформой, применяемой в начальной школе, является «ЯКласс» [6]. Образовательный интернет ресурс «ЯКласс» предназначен для педагогов, родителей и обучающихся. Платформа включает разнообразное количество интерактивных заданий по учебным предметам с учетом возрастных особенностей обучающихся. Подобранные задания в образовательной онлайн-платформе «ЯКласс» представляют собой перепечатанные тексты задач из учебников с демонстрацией наглядного материала. Задания построены таким образом, что обучающиеся имеют возможность самостоятельно вводить правильный ответ в нужное поле, и могут выбирать правильный ответ из нескольких представленных. Преимуществом использования интерактивной образовательной онлайн-платформы «ЯКласс» является полностью бесплатный контент и наличие блока с теоретической информацией. Кроме того, у педагогов появляется возможность на основе данной интерактивной платформы создавать проверочные и контрольные работы, осуществлять передачу домашнего задания для обучающихся с установлением сроков его выполнения.

Интересным проектом среди образовательных платформ, применяемых учителями начальной школы, является ЛЕСТА [2]. В основу данной платформы положены электронные формы учебников и вспомогательные материалы для педагогов, разработанные корпорацией Российский учебник. Образовательная платформа ЛЕСТА предлагает в течение месяца для зарегистрированных пользователей ознакомиться с полной версией пяти учебников, электронные учебники которые онлайн доступны для загрузки на компьютер. Учителям данная платформа предлагает следующий набор инструментов для работы: конструктор рабочих программ; управление работой учащихся; курсы повышения квалификации; атласы; всероссийские проверочные работы; аудиоприложения. При использовании конструктора рабочих программ педагог значительно сокращает время на разработку рабочей программы, а раздел контрольная работа предлагает педагогу каталог с контрольными работами по необходимым предметам, классам и темам. Раздел курсы

повышения квалификации предлагает педагогам пройти онлайн курс с бесплатным доступом к учебным материалам, кроме того педагог и учащиеся могут бесплатно получить доступ к интерактивным атласам по истории и географии. Интересным для педагогов, родителей и учеников может стать раздел Всероссийские проверочные работы, который позволяет участникам образовательного процесса получить доступ к интерактивным тренажерам, представленные в двух режимах: тренажер (проверка осуществляется после каждого занятия) и контроль (работа проверяется полностью). Раздел аудиоприложения предоставляет педагогам, учащимся и родителям доступ к каталогу 120 курсов по русскому языку и целому ряду иностранных языков на протяжении 500 дней.

## **Выводы**

Таким образом, в результате изучения особенностей внедрения информационно-коммуникационных технологий в процесс образования были выделены организационно-управленческие формы (дистанционное обучение; онлайн-обучение; электронное содействие обучению) и представлены сведения о способах получения учебного материала обучающимися посредством применения сети Интернет.

Изучение образовательных возможностей организационно-управленческих форм показало, что существуют следующие возможные варианты интернет-обучения в общеобразовательных учреждениях: образовательные платформы, учебные материалы в свободном доступе.

На взгляд автора, эффективным средством обучения в школе, в том числе и в начальной, является применение образовательных онлайн-платформ.

При работе с интерактивной онлайн-платформой, задачей педагога становится необходимость отбора материала, соответствующего учебному предмету и внедрению его в образовательный процесс. С целью повышения самообразования обучающихся, разработанные интерактивные образовательные платформы представлены в свободном доступе и соответствуют ступеням системы образования.

Автором был приведен краткий обзор современных интерактивных образовательных платформ (Учи.ру; ЯКласс; ЛЕСТА), применяемых в процессе онлайн-обучения учащихся начальной школы с указанием преимуществ и недостатков платформ.

Преимуществом описанных в статье платформ является качественный и интересный материал, который можно использовать в дополнение к традиционному образованию. Кроме того, данные платформы позволяют осуществлять индивидуальную обработку полученных знаний каждым учеником, дают возможность участия во всероссийских олимпиадах.

К недостаткам можно отнести платный премиум-аккаунт у платформы Учи.ру и ЛЕСТА.

Перечисленные возможности и особенности интерактивных образовательных онлайн-платформ позволяют нам говорить об их значимости и актуальности применения педагогом не только в начальной школе, но и в среднем и старшем звене.

## **Литература**

1. Андреева Е.В. Программно-техническое оснащение профессиональной деятельности будущего педагога /Андреева Е.В., Забродина И.В., Козлова Н.А., Каратаева Т.Ю., Фортыхина С.Н. // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2017. № 10. С. 10-12. ISSN: 1994-4683.

2. Российская цифровая образовательная платформа ЛЕСТА.  
URL: <https://lecta.rosuchebnik.ru/>

3. Тиунова Н.Н. Образовательные платформы как средство интенсификации профессиональной подготовки студентов колледжа // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2016. № 2. С. 103-108.

4. Учи.ру – интерактивная образовательная онлайн-платформа.  
URL: <https://uchi.ru/>

5. Фортыхина С.Н. Влияние современных информационных технологий на процесс обучения студентов педвуза // Вестник Тульского государственного университета. Серия Современные образовательные технологии в преподавании естественнонаучных дисциплин. 2016. №1 (15). С. 198-199.

6. ЯКласс – образовательный интернет-ресурс для школьников, учителей и родителей. URL: [www.yaklass.ru](http://www.yaklass.ru)