



# **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

*Сборник статей по материалам  
LI международной научно-практической конференции*

№ 10 (46)  
Октябрь 2015 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск  
2015

УДК 62  
ББК 30  
Т 38

Ответственный редактор: Васинович М.А.

Председатель редакционной коллегии:

**Ахметов Сайранбек Махсатович** — д-р техн. наук, проф., ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем (КазУИТС), академик РАЕН, действительный член (академик) Национальной инженерной академии Республики Казахстан, заместитель председателя Западно-Казахстанского филиала НИА РК, директор Представительства Казахской академии экологии и безопасности жизнедеятельности» в г. Уральск.

Редакционная коллегия:

**Ахмеднабиев Расул Магомедович** — канд. техн. наук, доц. Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка;

**Барштейн Виктор Юрьевич** — канд. тех. наук, ст. науч. сотр., заведующий лабораторией Государственного учреждения «Институт пищевой биотехнологии и геномики Национальной академии наук Украины» (ИПБГ НАН Украины).

**Елисеев Дмитрий Викторович** — канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

**Копылов Алексей Филиппович** — канд. техн. наук, доц. кафедры Радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета.

·  
·

**Т 38 Технические науки — от теории к практике / Сб. ст. по материалам LI междунар. науч.-практ. конф. № 10 (46). Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2015. 150 с.**

Учредитель: АНС «СибАК»

Сборник статей «Технические науки — от теории к практике» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

## **Оглавление**

<b>Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>7</b>
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТЫКОВ В ПРОЦЕССЕ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ СРЕДСТВАМИ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ Голубев Андрей Сергеевич Власов Илья Дмитриевич	7
ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ АТАКУЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ НА КОМПЬЮТЕРНУЮ СЕТЬ НА ОСНОВЕ ШАБЛОНОВ АТАК САРЕС Дойникова Елена Владимировна Десницкий Василий Алексеевич	11
КОНФИГУРИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЗАЩИТЫ ВСТРОЕННЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ЭВРИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА Десницкий Василий Алексеевич	16
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРАКТИКЕ КАФЕДРЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФГБОУ ВПО ЧГУ Кочнев Александр Олегович	21
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ЕДИНОГО ХРАНИЛИЩА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ДАННЫХ ИЗ ПОЛЕВЫХ ЭТНОГРАФИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ Левшун Дмитрий Сергеевич Чечулин Андрей Алексеевич	25
ДЕКОМПОЗИЦИЯ ПРОЦЕССА КОРРЕЛЯЦИИ СОБЫТИЙ БЕЗОПАСНОСТИ Левшун Дмитрий Сергеевич	31
АППАРАТНАЯ ПОДДЕРЖКА КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЗМА ОЧЕРЕДЕЙ СООБЩЕНИЙ В МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ Мартышкин Алексей Иванович Карасева Елена Александровна	40

БЕСПРОВОДНАЯ NFC-ТЕХНОЛОГИЯ — ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО Тагиров Владислав Камильевич Тагирова Лилия Фаритовна Копырулина Ольга Александровна	45
<b>Секция 2. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>50</b>
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ Демешова Татьяна Сергеевна	50
<b>Секция 3. Энергетика и энергетические техника и технологии</b>	<b>57</b>
ФИНИТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИВОДАМИ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ Капля Егор Викторович	57
ТЕРМОЯДЕРНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ — ТОКАМАК. КОНЦЕПЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ВОПРОС РЕАЛИЗАЦИИ Калимуллин Алик Талгатович Христин Дмитрий Евгеньевич Лесков Иван Алексеевич Темников Евгений Александрович Троценко Владислав Михайлович Агафонов Никита Константинович	63
ВОПРОСЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ Лютаревич Александр Геннадьевич Панкрац Татьяна Владимировна Бодимер Виктория Андреевна Юркова Ирина Сергеевна	76
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ Лютаревич Александр Геннадьевич Панкрац Татьяна Владимировна Бодимер Виктория Андреевна Юркова Ирина Сергеевна Великий Иван Владиславович	84

**Секция 4. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии 94**

ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ  
ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 94  
Черноусов Павел Иванович  
Саядова Юлия Борисовна

**Секция 5. Строительство и архитектура 100**

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ 100  
ПАРАМЕТРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ И ВОСПРИЯТИЕ  
ОСВЕЩЕННОСТИ И ЯРКОСТИ АРХИТЕКТУРНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ  
Бессарабова Елена Витальевна  
Андреева Ольга Юрьевна

РАСЧЕТНЫЕ НАКЛОННЫЕ СЕЧЕНИЯ 106  
В ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ ЭЛЕМЕНТЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ  
ПОПЕРЕЧНЫХ УСИЛИЙ  
Исаков Ондасын Абдрашитович  
Кызылбаев Нурлан Куттыбаевич

**Секция 6. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология 112**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ 112  
ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ТРУДОВОГО  
ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ  
Бисакаев Сериккали Гумарович

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕХАНИЗМА 119  
ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРУДА  
РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ ВО ВРЕДНЫХ  
УСЛОВИЯХ ТРУДА ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ УСТОЙЧИВОСТИ  
РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВОЙ СФЕРЫ  
Бисакаев Сериккали Гумарович  
Абикенова Шолпан Какимжановна  
Каминская Галина Анатольевна

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ОБЪЕКТАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	127
Ляпина Вера Валентиновна Бурмистрова Алла Борисовна Денисенко Екатерина Николаевна	
ОБЗОР ОСНОВНЫХ НАРУШЕНИЙ ТРЕБОВАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА	131
Ляпина Вера Валентиновна Бурмистрова Алла Борисовна Денисенко Екатерина Николаевна	
СЦЕНАРНАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ГАЗОПРОВОДОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА	136
Гайдукова Екатерина Владимировна Судакова Наталья Валерьевна Бонгу Сотима Эрнесто	
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТЕНКИ РЕЗЕРВУАРА	143
Глянько Максим Анатольевич	

## СЕКЦИЯ 1.

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТЫКОВ В ПРОЦЕССЕ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ СРЕДСТВАМИ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

*Голубев Андрей Сергеевич*

*канд. техн. наук, доцент ВлГУ,  
РФ, г. Владимир  
E-mail: [andrey.golubev@vlsu.ru](mailto:andrey.golubev@vlsu.ru)*

*Власов Илья Дмитриевич*

*бакалавр, магистрант ВлГУ,  
РФ, г. Владимир  
E-mail: [vlasovi.ilya@gmail.com](mailto:vlasovi.ilya@gmail.com)*

#### TECHNOLOGICAL CONTROL OF SEAMS DURING LASER WELDING BY MACHINE VISION METHODS

*Andrey Golubev*

*PhD, associate professor of VLSU,  
Russia, Vladimir*

*Ilya Vlasov*

*bachelor, graduate student of VLSU,  
Russia, Vladimir*

*Научная публикация подготовлена в рамках государственного задания ВлГУ № 2014/13 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности.*

## АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается проблема повышения качества процесса автоматизированной лазерной сварки за счет оперативного обнаружения дефектов стыков свариваемых деталей. Для его реализации предлагается использовать методы технического зрения. Описаны основные этапы и алгоритм расчета ширины стыка по изображению. Приводится оценка производительности и условия для практического использования в системе роботизированной сварки.

## ABSTRACT

The article addresses the problem of increasing the quality of automatic laser welding by operational detection of seam's defects. The implementation of such detection is proposed to be done via machine vision. Major stages and the algorithm of calculation of seam's width are described. The evaluation of the performance and the conditions for practical use in robotic welding system are provided.

**Ключевые слова:** лазерная сварка; контроль дефектов стыков; машинное зрение.

**Keywords:** laser welding; detection of seam's defects; machine vision.

Одной из основных задач, возникающих в процессе автоматизированной лазерной сварки, является контроль качества стыка деталей в области сварки. К контролируемым параметрам относятся, прежде всего, неровности и недопустимая ширина стыков соединяемых деталей, а также позиция фокуса сварочного лазера относительно стыка.

Традиционный способ решения данной задачи — использование так называемых лазерных триангуляционных датчиков [1]. В то же время, высокая стоимость и сложность настройки подобного оборудования ограничивают их массовое применение. В качестве альтернативного решения нами была предпринята попытка использования наработок в области машинного зрения, а именно анализа видеоизображения с цифровой камеры, установленной на устройстве, производящем сварку (в нашем случае — роботизированном манипуляторе). Работа велась в сотрудничестве с Инжиниринговым центром использования лазерных технологий в машиностроении при ВлГУ.

В данной статье мы рассмотрим один из аспектов, а именно проблему алгоритмического определения ширины стыка, т. к. к ней, в конечном итоге, сводится задача контроля всех трех перечисленных выше параметров.

В качестве входных данных были определены следующие:

- рабочее изображение — часть кадра с камеры, на которой изображен стык в окрестности точки сварки;
- масштаб изображения (количество пикселей в одном миллиметре);
- координаты фокуса сварочного лазера относительно рабочего изображения.

Поскольку предполагается, что конструкционно камера зафиксирована относительно головного модуля лазера, то все входные параметры могут быть достаточно легко определены с помощью предварительной калибровки.

Процедура обработки изображения выполняется в несколько этапов.

На этапе подготовки рабочего изображения из исходного видеокadra вырезается прямоугольная целевая область, координаты которой заранее определены.

На этапе выделения краев производится обработка изображения, позволяющее получить бинарное контурное изображение. Эта процедура была реализована средствами библиотеки OpenCV [2] и проходит в несколько шагов:

- добавление шума и размытие изображения (этот шаг упрощает работу алгоритма выделения краев);
- перевод изображения в цветовой режим градаций серого;
- применение к рабочему изображению оператора Кэнни [3]; в результате получается бинарное изображение, на котором белым цветом отмечены предполагаемые границы;
- для удаления ложных границ производится размытие изображения, после чего, из-за особенностей работы алгоритма размытия, на изображении не остается белого цвета;
- в предполагаемом месте нахождения шва (определяется точкой фокуса) производится заливка белым цветом; таким образом, все пиксели стыка (и только они) будут иметь белый цвет.

На этапе расчета ширины выполняется вычисление ширины стыка вдоль перпендикуляра к его направлению.

На последнем этапе производится анализ результатов и выдача инструкции для системы управления сваркой (коррекция положения или аварийный останов).

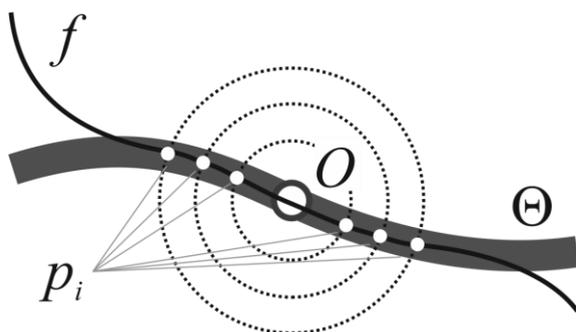
Наиболее интересным этапом указанной процедуры является вычисление ширины стыка. Как оказалось, основная трудность — невозможность априорного задания направления стыка, т. к. ширину нужно измерять перпендикулярно ему.

Для решения этой проблемы был разработан следующий алгоритм. На стыке находятся несколько контрольных точек, затем вычисляется функция, проходящая через эти точки, и к найденной функции строится перпендикуляр в точке фокуса сварки.

Контрольные точки находятся следующим образом:

1. вокруг точки сварки проводится три окружности разного радиуса;
2. находится пересечение каждой окружности со стыком, т. е. с белыми пикселями рабочего изображения;
3. в качестве контрольных точек берутся усредненные положения белых пикселей каждой окружности, которые принимаются за середину стыка.

Схема нахождения контрольных точек изображена на рис. 1.



**Рисунок 1. Схема вычисления направления стыка:  $O$  — точка сварки,  $\square$  — стык,  $p_i$  — контрольные точки,  $f$  — восстановленная функция направления стыка**

Для аппроксимации направления стыка вычисляется многочлен пятой степени по шести точкам.

Дальнейшая часть алгоритма относительно проста. Она состоит в том, что программа считает количество белых пикселей вдоль перпендикуляра и, с учетом масштаба и разрешенных размеров шва, делает вывод о допустимости ширины шва и относительном положении фокуса.

Проведенные эксперименты показали, что разработанный алгоритм, даже без дополнительных оптимизаций, способен обрабатывать 10—15 кадров в секунду (в зависимости от размеров рабочей области), что достаточно для оперативного контроля процесса сварки. Вместе с тем, для получения качественных входных изображений

с камеры необходимо наличие светофильтров, чтобы отсеять ту часть спектра, в которой происходит засветка.

### Список литературы:

1. Лазерные триангуляционные датчики: Датчики и измерительные системы, Разработка и изготовление | РИФТЭК. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://riftek.com/ru/products/~show/sensors/laser-triangulation-sensor>.
2. OpenCV [Электронный ресурс]: Open Source Computer Vision Library. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://opencv.org>.
3. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection/ John Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 1986. — Vol. 8(6) — P. 679—698.

## ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ АТАКУЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ НА КОМПЬЮТЕРНУЮ СЕТЬ НА ОСНОВЕ ШАБЛОНОВ АТАК CAPEC

*Дойникова Елена Владимировна*

*научный сотрудник лаборатории*

*проблем компьютерной безопасности СПИИРАН,*

*РФ, г. Санкт-Петербург*

*E-mail: [doynikova@comsec.spb.ru](mailto:doynikova@comsec.spb.ru)*

*Десницкий Василий Алексеевич*

*канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории*

*проблем компьютерной безопасности СПИИРАН,*

*РФ, г. Санкт-Петербург*

*E-mail: [desnitsky@comsec.spb.ru](mailto:desnitsky@comsec.spb.ru)*

# GENERATOR OF THE RANDOM ATTACK SEQUENCES FOR THE COMPUTER NETWORK ON THE BASE OF THE CAPEC ATTACK PATTERNS

*Elena Doynikova*

*researcher of the laboratory  
of computer security problems of SPIIRAS,  
Russia, St. Petersburg*

*Vasily Desnitsky*

*candidate of Science, senior researcher of the laboratory  
of computer security problems of SPIIRAS,  
Russia, St. Petersburg*

## АННОТАЦИЯ

Целью работы является разработка инструмента автоматизированной генерации случайных последовательностей атакующих действий и цепочек событий безопасности. Инструмент реализует подход, основанный на открытых стандартах представления шаблонов атакующих действий и уязвимостей. Данный инструмент разработан в рамках системы анализа защищенности для проверки эффективности ее работы путем имитации случайных атак на сеть.

## ABSTRACT

The goal of the paper is to develop a technique and a software tool for generation of random sequences of attack patterns and appropriate sequences of security events. The technique is based on the application of open standards for representation of attack patterns and vulnerabilities. The technique and the tool were developed in scope of the integrated system for network security analysis. The tool is intended for testing effectiveness of this system by simulation of the input data-random attacks against computer networks.

**Ключевые слова:** оценивание защищенности; графы атак; шаблоны атак; события безопасности.

**Keywords:** security evaluation; attack graphs; attack patterns; security events.

Разработанный в данной работе инструмент учитывает подходы и методики, используемые атакующими для компрометации информационных систем, при помощи словаря «Общее перечисление и классификация шаблонов атак» (Common Attack Pattern Enumeration

and Classification — CAPEC), разработанного компанией MITRE [2]. В основе словаря лежит унифицированная схема описания и классификации атак, которая подробно рассмотрена в [1].

Инструмент позволяет генерировать случайные последовательности атакующих действий с точки зрения атакующего, пытающегося выполнить атаку на систему без знания ее уязвимостей. Совместное использование словаря CAPEC и списка дефектов программного обеспечения «Общие уязвимости и дефекты» (Common Vulnerabilities and Exposures — CVE) [3] позволяет имитировать успешные атаки в случае наличия в системе уязвимостей, позволяющих реализовать выбранный шаблон атаки. Кроме того, инструмент позволяет генерировать цепочки событий безопасности, соответствующие сформированной последовательности атаки.

Архитектура генератора представлена на рис. 1.



**Рисунок 1. Архитектура генератора случайных последовательностей атаки**

В качестве входных данных используется следующая информация: конфигурация компьютерной сети; информация о программном обеспечении хостов сети и его уязвимостях; модель атакующего, включающая информацию о его положении в сети, знаниях о конфигурации сети и уровне навыков по шкале «Высокий/Средний/Низкий»; шаблоны атак CAPEC.

На основе полученных входных данных компонент случайного выбора шаблона атак и компонент генерации событий безопасности формируют выходные данные: последовательность атаки и соответствующую последовательность событий.

Алгоритм формирования последовательности атаки работает следующим образом. Вначале случайным образом определяется уровень навыков атакующего. В дальнейшем при выборе шаблонов

атак, входящих в цепочку атакующих действий, учитываются только шаблоны выбранной или меньшей сложности на основе поля CAPEC «необходимые навыки или знания атакующего» (Attacker Skill or Knowledge Required).

Если атакующий обладает информацией о топологии сети, то для него не выбираются шаблоны, позволяющие осуществлять разведывательные действия. В противном случае, далее выбираются шаблоны атаки, для которых значение поля CAPEC «цель» (Purpose) — «разведка». Данный шаг выполняется при любом переходе между хостами.

На основе позиции атакующего в сети и конфигурации сети определяются хосты, доступные для атаки. Далее выбираются шаблоны атаки, позволяющие получить доступ к одному из доступных хостов на основе полей «область последствий» (Consequence Scope) и «технический ущерб» (Consequence Technical Impact), и применимые к данному хосту с точки зрения полей «среды» (Environments) и «платформы» (Platforms). Выбор делается на основе следующих значений полей «область последствий» и «технический ущерб»: «конфиденциальность» (Confidentiality), «доступность» (Availability), «целостность» (Integrity), «получение привилегий» (Gain privileges/assume identity). Получению доступа соответствует значение: «получение привилегий». После получения доступа выбираются шаблоны, позволяющие повысить привилегии (значение «получение привилегий»), или нанести максимальный ущерб (значения «конфиденциальность», «доступность», «целостность»).

Связи между шаблонами атак формируются на основе пред и постусловий атаки. Пред и постусловия определяются на основе уязвимостей атакуемого хоста и уязвимостей, соответствующих текущему шаблону атаки (определяются на основе поля «связанные уязвимости» (Related Vulnerabilities)). Если одна из уязвимостей, связанных с шаблоном, существует на атакуемом хосте, то атака считается успешной, а последствия успешной эксплуатации уязвимости (ущерб свойствам безопасности и/или полученные привилегии) – постусловиями шаблона атаки. В противном случае атака считается безуспешной и выбирается другой шаблон атаки.

Последовательность событий безопасности формируются на основе поля CAPEC «индикаторы атаки» (Indicators-Warnings of Attack). В процессе исследования все возможные значения данного поля базы CAPEC были разделены на следующие три группы индикаторов (в зависимости от значения поля «цель» (Purpose)): проникновение, эксплуатация, разведка.

В рамках системы анализа защищенности [4; 5] разработанный генератор применяется для формирования случайных последовательностей, имитирующих атаки на сеть (см. рис. 2).

Инструмент позволяет рассмотреть атаки различных типов атакующих. Сгенерированная случайная последовательность атаки, а также соответствующая цепочка событий безопасности передаются системе анализа защищенности в качестве входных данных. На основе последовательно получаемых событий безопасности система анализа защищенности прогнозирует развитие атаки. Данный прогноз сравнивается со сгенерированной цепочкой. Эффективность определяется в зависимости от отклонения спрогнозированных и реальных данных об атаке.

Работа выполняется при финансовой поддержке Комитета по науке и высшей школе.

Входные данные



**Рисунок 2. Связь генератора случайных последовательностей атаки с системой анализа защищенности**

### Список литературы:

1. Barnum S. Common Attack Pattern Enumeration and Classification (CAPEC) Schema: description, jan. 2008, Department of Homeland Security. — D.: Cigital, 2008. — 27 p.
2. Common Attack Pattern Enumeration and Classification (CAPEC) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — URL: <https://capec.mitre.org> (дата обращения: 16.10.2015).
3. Common Vulnerabilities and Exposures (CVE) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — URL: <http://cve.mitre.org/> (дата обращения: 16.10.2015).
4. Kotenko I., Chechulin A. Attack Modeling and Security Evaluation in SIEM Systems // International Transactions on Systems Science and Applications. — 2012. — Vol. 8. — P. 129—147.
5. Kotenko I., Doynikova E. Security Assessment of Computer Networks based on Attack Graphs and Security Events // Lecture Notes in Computer Science. — 2014. — Vol. 8407. — P. 462—471.

## КОНФИГУРИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЗАЩИТЫ ВСТРОЕННЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ЭВРИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

*Десницкий Василий Алексеевич*

*канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории  
проблем компьютерной безопасности СПИИРАН,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [desnitsky@comsec.spb.ru](mailto:desnitsky@comsec.spb.ru)*

## CONFIGURING SECURITY COMPONENTS OF EMBEDDED DEVICES ON THE BASE OF A HEURISTIC APPROACH

*Vasily Desnitsky*

*candidate of Science, senior researcher of the laboratory  
of computer security problems of SPIIRAS,  
Russia, St. Petersburg*

Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ (13-01-00843, 13-07-13159, 14-07-00697, 14-07-00417).

## АННОТАЦИЯ

Цель работы — разработка процесса конфигурирования компонентов защиты встроенных устройств в части комбинирования компонентов защиты с использованием экспертных знаний в предметной области. В работе предложена эвристика для определения порядка учета нефункциональных характеристик в процессе комбинирования, а также используются правила для осуществления многокритериального выбора компонентов защиты.

## ABSTRACT

The goal is to develop a process for configuring security components of embedded devices through combination of security components, using expert knowledge in the field. We propose a heuristic for determining an order for accounting non-functional characteristics in the combination process as well as rules for the use of the multi-criteria selection of the security components.

**Ключевые слова:** конфигурирование; компоненты защиты.

**Keywords:** configuring; security components.

В работе предлагается процесс проектирования защищенных встроенных устройств на основе комбинирования компонентов защиты. Под конфигурацией защиты понимается набор компонентов защиты с определенными функциональными и нефункциональными характеристиками. Задача конфигурирования — определить наиболее эффективную с точки зрения заданных нефункциональных показателей (оптимальную) конфигурацию защиты на основе входных данных об устройстве и возможных компонентах защиты. Разработанный процесс конфигурирования включает 8 стадий.

Фактически, решается задача дискретной оптимизации на множестве конфигураций с целевой функцией, выражаемой с использованием нефункциональных показателей и ограничений на заданные, как функциональные, так и нефункциональные показатели [3, с. 201]. В качестве целевой функции решаемой оптимизационной задачи рассматривается упорядоченный набор из нескольких нефункциональных показателей, каждый из которых подвергается либо минимизации, либо максимизации в зависимости от семантики нефункциональной характеристики, лежащей в основе рассматриваемого нефункционального показателя ( $p1 \rightarrow \min/\max$ ,  $p2 \rightarrow \min/\max$ ,

$p^3 \rightarrow \min/\max, \dots$ ). Порядок показателей определяется на основе эвристического подхода.

Стадия 1 включает определение функциональных требований защиты, которые нужно реализовать в процессе разработки комбинированного механизма защиты. Данные требования получаются на основе анализа спецификации целевого устройства с использованием методов аналитического моделирования действий нарушителя с использованием существующих моделей нарушителя [2, с. 7]. Примером является следующее требование защиты: «секретность бизнес-данных устройства должна осуществляться с использованием симметричного шифрования с ключами не менее 128 бит».

Стадия 2 включает действия по определению нефункциональных ограничений, существенных для проектируемого данного устройства. Источником возможных нефункциональных ограничений является методология MARTE, являющаяся де-факто стандартом [4, с. 38], где релевантные нефункциональные показатели, характерные для встроженных устройств, специфицированы с использованием UML. В частности, используются нефункциональные ограничения, построенные на основе следующих классов доменов знаний: HW\_Physical, HW\_PowerSupply, HW\_StorageManager, HW\_Computing, HW\_Communication [4, с. 38].

На стадии 3 для каждого функционального требования защиты осуществляется определение множества альтернатив компонентов защиты, которые его реализуют. Например, для требования секретности бизнес-данных определяется набор криптографических алгоритмов симметричного блочного шифрования заданной стойкостью с установленной длиной ключа, таких как AES/128/192/256, IDEA и др.

На стадии 4 осуществляется определение правил выбора компонентов защиты, исходя из связей между ними с учетом семантики компонентов защиты, установленных требований защиты и сценариев использования. Каждое такое правило представляется в виде формальной четверки, имеющей следующие элементы (*req*, *Alts*, *reason*, *justif*), где *req* — формулировка функционального требования защиты, *Alts* — набор альтернатив компонентов, каждый из которых реализует данное требование, *reason* — причинно-следственная связь в определении предпочтительности компонентов из *Alts* в зависимости рассматриваемых для данного требования нефункциональных показателей (т. е. формулировка критерия выбора) и *justif* — фактическое обоснование предлагаемого порядка предпочтительности компонентов из *Alts* для данного функционального требования защиты.

На стадии 5 производится определение значений нефункциональных ограничений для заданных компонентов защиты следующими способами: путем сбора данных от конкретных производителей используемых программно-аппаратных модулей; эмпирически — на основе программного моделирования компонентов защиты (когда это возможно); экспертно — с учетом предыдущего опыта работы с такими или сходными компонентами. Так, например, для каждого из имеющихся альтернативных алгоритмов удаленной аттестации критических бизнес-данных встроенного устройства определяется величина необходимой оперативной памяти (Кб), которое устройство должно предоставить, и объем коммуникационного ресурса, расходуемого на передачу аттестующих подписей доверенному серверу в единицу времени (Mbit/sec).

Стадия 6 включает упорядочивание альтернатив компонентов защиты по степени ухудшения значений их нефункциональных ограничений. Фактически, для каждого нефункционального показателя осуществляется упорядочивание компонентов защиты. Например, для учета энергопотребления имеющихся разновидностей некоторого программно-аппаратного компонента защиты возможные альтернативы упорядочиваются в соответствии с уменьшением величины потребляемого ими тока (измеряемого в mA).

На стадии 7 определяется порядок учета рассматриваемых нефункциональных ограничений в зависимости от относительной важности каждого из них с использованием эвристики, предложенной в [3, с. 201]. Данная эвристика задает общий алгоритм приоритизации нефункциональных ограничений встроенного устройства. По существу, для каждого нефункционального ограничения выделяется набор специфичных функциональных и нефункциональных признаков встроенного устройства, таких как «наличие постоянного источника питания», «возможность замены устройства или аккумулятора без ущерба для предоставляемых им сервисов», «высокая зависимость достижения бизнес-целей устройства от энергоресурсов» и др. Для каждого такого признака предопределено значение ранга (например, с заданием значений от 1 до 3, где 1 — низкая важность, 3 — высокая важность) в зависимости от критичности данного признака для выполнимости заданного нефункционального ограничения (например, ограничения на ресурс энергопотребления). В результате спецификация целевого встроенного устройства анализируется на предмет наличия у него обозначенных признаков. Для каждого нефункционального ограничения выбирается максимальное значение ранга по всем выявленным у разрабатываемого устройства признакам,

в соответствии с которыми происходит упорядочивание уже, собственно, нефункциональных ограничений. При этом ограничения, получившие одинаковые результирующие значения ранга, упорядочиваются между собой согласно порядку, predetermined экспертно [3, с. 201].

На стадии 8 осуществляются комбинаторный перебор альтернатив компонентов защиты и вычисление суммарных значений нефункциональных показателей наборов компонентов защиты (конфигураций). Стадия включает также выбор оптимальной конфигурации на основе полученных значений [1, с. 45]. В частности, в случае большого числа рассматриваемых функциональных требований защиты и имеющихся альтернатив компонентов защиты на данной стадии целесообразно применять разработанное программное средство Конфигуратор, позволяющее автоматизировать процесс перебора и вычисления. Если при установленных ограничениях решений оптимизационной задачи не существует, на стадии 8 предлагается ряд конфигураций, которые смогут быть реализованными при ослаблении определенных ограничений (в частности, увеличения объемов аппаратных ресурсов устройства, выделяемых на работу компонент).

### Список литературы:

1. Десницкий В.А., Котенко И.В. Проектирование защищенных встроенных устройств на основе конфигурирования // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — № 1. — 2013. — с. 44—54.
2. Десницкий В.А., Чеулин А.А. Обобщенная модель нарушителя и верификация информационно-телекоммуникационных систем со встроенными устройствами // Технические науки — от теории к практике. — № 39. — 2014. — с. 7—21.
3. Desnitsky V. and Kotenko I. Expert Knowledge based Design and Verification of Secure Systems with Embedded Devices // Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag. — vol. 8708. — 2014. — p. 194—210.
4. Object Management Group. The UML Profile for MARTE: Modeling and Analysis of Real-Time and Embedded Systems. Version 1.1. — 2011 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — URL: <http://www.omg.org/spec/MARTE/> (дата обращения: 15.10.2015).

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В ПРАКТИКЕ КАФЕДРЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ  
И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФГБОУ ВПО ЧГУ**

*Кочнев Александр Олегович*

*канд. пед. наук, доцент ФГБОУ ВПО ЧГУ*

*РФ, г. Череповец*

*E-mail: [KochnevAO@yandex.ru](mailto:KochnevAO@yandex.ru)*

**THEORETICAL ASPECT OF USE OF INFORMATION  
TECHNOLOGIES IN PRACTICE OF CHAIR  
OF VEHICLES AND THE TECHNOSPHERE SAFETY  
OF FGBOU VPO CHGU**

*Aleksandr Kochnev*

*candidate. ped. Sciences, docent fsbei HPE Cherepovets state University,*

*Russia, Cherepovets*

**АННОТАЦИЯ**

Статья посвящена анализу современных информационных технологий в обучении студентов. Целью статьи служит выявление особенностей использования информационных технологий в высших учебных заведениях. Результатом считается теоретическое осмысление проблемы, на основе которых автор делает выводы о применении информационных технологий в процессе обучения в ВУЗе.

**ABSTRACT**

The article is devoted the analysis of modern information technologies in training students. The purpose of this article is to identify specific use of information technology in higher education. The result is the theoretical comprehension of the problem on the basis of which the author makes conclusions about the application of information technology in the learning process at the University.

**Ключевые слова:** информационные технологии; средства информационных технологий.

**Keywords:** information technologies; means of information technology.

Информация — это различные сведения, которым свойственно уменьшать степень неопределенности наших знаний о различных или конкретных объектах. Информация может быть преобразована и в дальнейшем использована с помощью информационных технологий.

Информационная технология — система определённых процедур переработки информации с определённой задачей сохранения, формирования, организации, обработки, распространения и использования.

Основную базу современных информационных технологий составляют:

- обработка информации по определённым алгоритмам;
- сохранение огромных объемов информации на различных носителях;
- передача информации на определённое расстояние в кратчайшее время.

Информационные технологии обучения — совокупная система методов и технических средств организации, сбора, хранения, обработки, передачи и представления различной информации, которая расширяет знания, умения, навыки человека и развивает возможности людей по организации управления различными процессами: социальными и техническими.

Н.Ф. Талызина рассматривает информационную технологию обучения как определённую совокупность обучающих программ разных типов: от простейших программ, обеспечивающих контроль знаний, до обучающих систем, базирующихся на искусственном интеллекте [4].

В.Ф. Шолохович определяет информационные технологии обучения, как раздел педагогики, которая занимается изучением организованного дидактического процесса, в которых имеют место применение различных информационных носителей и переработки информации [5].

Если провести концептуальный анализ этих двух позиций современных исследователей, то можно выявить тенденцию, что в настоящее время существуют два подхода к определению информационных технологий обучения.

В первом из них авторы рассматривают информационные технологии как дидактический процесс, организованный с использованием совокупности внедрённых в дидактическую систему новых средств и методов обработки данных, представляющих целенаправленное создание, передачу, хранение и отображение информационных носителей с определёнными затратами и в соответствии с закономерностями общего развития обучающихся.

Во втором аспекте рассматриваемой проблемы речь идет о создании технической среды обучения, в которой основное место занимают используемые информационные технологии.

Таким образом, в первом случае речь идет об информационных технологиях обучения как процессе обучения, а во втором — о применении информационных технологий в обучении (как использование информационных средств в обучении).

Информационные технологии обучения следует рассматривать как часть информационных технологий для создания новых возможностей передачи и восприятия знаний, оценки качества обучения и всестороннего развития личности.

В педагогической, технической, научной литературе можно встретить термин «новые информационные технологии».

Это достаточно широкое понятие для различных практических приложений. Прилагательное «новые» в данном случае подчеркивает новаторское направление технического развития, т. е. принципиально отличающееся от предшествующего. Внедрение новых информационных технологий является инновационным процессом, который изменяет содержание различных видов жизнедеятельности человека дома, на работе, различных организациях и даже на отдыхе.

Когда человек начинает использовать информационные дидактические средства и инструментальные среды, он может создавать оформленные программные продукты, которые автоматизируют процесс обучения и переносят информацию с различных бумажных носителей в компьютерную оболочку [1; 2; 3].

Новая информационная технология должна:

- решать задачи, которые раньше в теории обучения не были теоретически или практически применены;
- удовлетворять основным принципам педагогической технологии (проектированность, воспроизведение, целесообразность, целостность);
- быть средством подготовки и передачи информации;
- быть применяема в процессе обучения различных специалистов;
- выступать как помощь в реализации технических процессов.

На наш взгляд, под информационной технологией обучения в профессиональной подготовке бакалавров, специалистов, магистров технических направлений подготовки мы понимаем определённую систему общепедагогических, психологических, дидактических, частнометодических методов взаимодействия преподавателей и студентов с учетом технических и людских ресурсов.

Информационная технология обучения направлена на проектирование и реализацию содержания, методов, форм и информационных средств обучения, адекватных целям образования, особенностям

будущей деятельности и требованиям к профессионально важным качествам будущего профессионала.

Кроме того, необходимо отметить, что в информационных технологиях применяются различные средства. Под средствами новых информационных технологий понимается программно-аппаратные средства и устройства, функционирующие на базе микропроцессорной, вычислительной техники, а также современные средства и системы информационного обмена, обеспечивающие операции по сбору, производству, накоплению, хранению, обработке, передаче информации.

К новейшим средствам относятся: локальные вычислительные сети, устройства ввода-вывода информации, средства ввода и манипулирования текстовой и графической информацией, средства архивного хранения больших объемов информации и другое периферийное оборудование современных ЭВМ; устройства для преобразования данных из графической или звуковой форм представления данных в цифровую и обратно; средства и устройства манипулирования аудиовизуальной информацией (на базе технологии мультимедиа и систем «Виртуальная реальность»); современные средства связи; системы искусственного интеллекта; системы машинной графики, программные комплексы (языки программирования, трансляторы, компиляторы, операционные системы, пакеты прикладных программ и пр.) и др.

Таким образом, применение информационных технологий в процессе обучения студентов ВУЗа на наш взгляд повышает качество обучения, интерес к любому предмету, активность обучающихся.

### Список литературы:

1. Кочнев А.О. Исследование возможностей использования интернета студентами Северного (Арктического) Федерального Университета // Образование и общество. — 2015. — Т. 3. — № 92. — С. 57—58.
2. Кочнев А.О. Исследование использования безопасной киберсоциализации студентов-первокурсников технических направлений подготовки ФГБОУ ВПО «ЧГУ» // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. — 2014. — Т. 3. — № 5. — С. 102—106.
3. Кочнев А.О., Плешаков В.А., Румянцева О.А. Проблемы безопасной киберсоциализации студентов САФУ // Современная образовательная практика и духовные ценности общества. — 2015. — № 2. — С. 153—157.
4. Талызина Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний. — М.: Изд-во МГУ, 1975. — 141 с.
5. Шолохович В.Ф. Информационные технологии обучения // Информатика и образование. — 1998. — № 2. — С. 5—13.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ЕДИНОГО ХРАНИЛИЩА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ДАННЫХ ИЗ ПОЛЕВЫХ ЭТНОГРАФИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ

*Левшун Дмитрий Сергеевич*

*программист лаборатории проблем компьютерной безопасности  
Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации  
Российской академии наук,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [levshun@comsec.spb.ru](mailto:levshun@comsec.spb.ru)*

*Чечулин Андрей Алексеевич*

*канд. техн. наук, доцент кафедры Защищенных систем связи  
Санкт-Петербургского государственного университета  
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [andreych@bk.ru](mailto:andreych@bk.ru)*

## PROBLEMS OF CONSTRUCTION A SINGLE REPOSITORY OF MULTIMEDIA DATA FROM FIELD ETHNOGRAPHIC EXPEDITIONS

*Dmitry Levshun*

*developer at Laboratory of Computer Security Problems  
of the St. Petersburg Institute for Informatics and Automation  
of the Russian Academy of Science,  
Russia, St. Petersburg*

*Andrey Chechulin*

*candidate of science, assistant professor at Secure Communication Systems  
department at the Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State  
University of Telecommunications,  
Russia, St. Petersburg*

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ  
(13-01-00843, 14-07-00697, 14-07-00417, 15-07-07451, 15-37-51126).*

## АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена исследованию существующих решений для построения единого хранилища мультимедийных данных из полевых этнографических экспедиций. Объектом исследования являются как специализированные системы, так и системы управления содержимым. В статье рассматриваются достоинства и недостатки существующих решений, выделяются требования к построению единого хранилища мультимедийных данных из полевых этнографических экспедиций.

## ABSTRACT

This paper is devoted to the study of existing solutions for construction of a unified repository for multimedia data from field ethnographic expeditions. The object of this investigation is specialized systems as well as content management systems. In this article advantages and disadvantages of existing solutions are discussed and requirements for the unified repository for multimedia data from field ethnographic expeditions are identified.

**Ключевые слова:** хранилище мультимедийных данных; система управления содержимым; этнографические экспедиции; полевые экспедиции.

**Keywords:** multimedia data repository; content management system; CMS; ethnographic expeditions; field expeditions.

## Введение

Цифровые средства записи позволили фольклористам, этнографам и антропологам привозить из этнографических полевых экспедиций массивы разнообразных качественных данных: фотографии, видео- и аудиозаписи, — которые так велики, что их обработка и архивация за приемлемое время становится возможной только с применением цифровых технологий [7]. В хранилище мультимедийных данных текстовые файлы существуют на равных с графическими, аудио и видеофайлами, а основной массив текстов и вовсе может храниться отдельно в виде лингвистического корпуса [1]. Особенности содержимого определяют ряд дополнительных требований к разрабатываемому единому хранилищу мультимедийных данных из полевых этнографических экспедиций. Именно поэтому так важно проанализировать как специализированные системы, так и решения на основе широко распространенных систем управления содержимым (CMS). Подобное исследование позволит в дальнейшем выбрать оптимальное решение для построения единого хранилища

мультимедийных данных из полевых этнографических экспедиций с точки зрения выбранных требований.

### **Постановка задачи**

Тема цифровой обработки и архивации результатов полевых этнографических экспедиций становится всё более актуальной и активно исследуется в эпоху цифровых технологий. Обычно, решаются три основные задачи: (1) представление результатов в аутентичном синкретическом виде; (2) медиа-репрезентации фольклорного события; (3) предоставление доступа к результатам через сеть Интернет. Результатом развития данной тематики являются многочисленные системы хранения мультимедийных данных из полевых этнографических экспедиций.

Рассмотрим данные системы более подробно.

Проект «Фольклор и народная культура России» [6] направлен на создание многоуровневой мультимедийной информационной системы, содержащей большой объем материалов и исследований по русскому фольклору и обеспечивающий свободный доступ к ним через Интернет. На сайте представлены текстовые, фото и видео материалы, связанные с русским фольклором и народной культурой, а также представлена географическая карта полевых экспедиций. В целом, сайт оставляет приятное впечатление, но всё же не лишён недостатков. К примеру, частушки, баллады и романы, традиционная лирическая песня и так далее представлены только в текстовом виде, и система не позволяет добавлять аудио материалов. Также, мультимедийный материал, представленный на сайте, не имеет географической метки, а потому не представляется возможным наглядно показать географические особенности фольклора и народной культуры России. И наконец, на сайте отсутствует хронологическая линейка, которая более наглядно могла бы представить изменения в фольклоре и народной культуре России. Сайт является специализированной разработкой.

Проект «Звуковые Архивы: Европейская память о Гулаге» [3] призван познакомить носителей русского, английского, польского и французского языков с этой малоизвестной страницей истории Европы. Виртуальный музей в интерактивной форме предоставит Вам интервью с бывшими депортированными, фильмы, фотографии и документы из частных и государственных архивов. Представление мультимедийного материала на сайте разделено на тематическое, картографическое и хронологическое. Также возможен режим экскурсии. На сайте удобный поиск и навигация. К недостаткам сайта можно отнести отсутствие географической метки у мультимедийного

материала сайта, что могло бы добавить недостающую связь между тематическим и картографическим представлением данных. Сайт разработан с применением CMS Drupal [8].

Проект «Устная История» [5] — это общедоступный сетевой архив устной истории, который собирает и публикует беседы по науке, культуре и повседневности XX века. Мультимедийный материал сайта разбит на несколько направлений, по каждому из которых пользователь может получить доступ к текстовой, видео, аудио и фото информации. При удобной навигации по сайту, на нём отсутствует поиск, что является недостатком. Также на сайте отсутствует представление мультимедийного материала на географической карте или хронологической линейке. Наличие подобного функционала повысило бы удобство работы пользователей с представляемыми данными. Сайт является специализированной разработкой.

Проект «По ту сторону войны: устная история военнопленных и остарбайтеров» [4] призван познакомить носителей русского языка с другой малоизвестной страницей из истории Европы. Мультимедийный материал сайта представляет собой интервью военнопленных и остарбайтеров, которые содержат текстовые, фото и видео данные, а также географическую карту частоты упоминания определённого населённого пункта. К сожалению, мультимедийный материал сайта не снабжён географической меткой и не представлен на хронологической линейке, что является недостатком проекта. Важно отметить удобную навигацию на сайте, а также наличие специального раздела «Ликбез» для тех, кто впервые познакомился с тематикой. Сайт является специализированной разработкой.

Портал «Антропогенез.ru» [2] предназначен для тех, кто интересуется истоками человеческой природы. Все материалы сайта принадлежат специалистам в области антропологии и публикуются с их разрешения. Мультимедийный материал сайта имеет географические и экспедиционные метки, и представлен текстовыми, фото и видео данными. На портале представлена интерактивная карта местонахождений с удобной навигацией и возможностью перехода непосредственно информации о самой находке. Интерактивная хронологическая линейка пока работает в тестовом режиме, что можно отнести к недостаткам сайта. Также, стоит отметить, некоторую сложность поиска и навигации по сайту. Сайт разработан с использованием CMS TYPO3 [9].

Отметим, что единое хранилище мультимедийных данных из полевых этнографических экспедиций должно поддерживать работу в двух основных режимах доступа в зависимости от типа учётной

записи. Первый режим, или режим автора, предназначен для развития хранилища и будет доступен только непосредственным сотрудникам проекта. В режиме автора можно будет добавлять, редактировать и удалять материалы экспедиций. Второй режим, или режим пользователя, предназначен для всех остальных. Из этических соображений, а также в связи с проблемой авторских прав, часть материала будет размещено на условиях закрытого или ограниченного доступа. Ни в одном из рассмотренных хранилищ мультимедийных данных подобный функционал не был реализован, что является их общим недостатком.

Кроме того, важным требованием к пользовательскому интерфейсу является удобство функционала добавления, изменения и удаления данных, т. к. основной целевой аудиторией разрабатываемого хранилища являются люди, не обладающие глубокими техническими знаниями.

С учетом всего вышесказанного, постановка задачи построения единого хранилища мультимедийных данных из полевых этнографических экспедиций может быть сведена к единому представлению (см. табл. 1).

**Таблица 1.**

**Требования к единому хранилищу мультимедийных данных**

<b>Требование</b>	<b>Описание</b>
к хранению мультимедийных данных	Обработка текстовых, аудио- и видеоматериалов, изображений.
	Географические метки данных.
	Хронологические метки данных.
	Произвольные текстовые метки данных.
к отображению мультимедийных данных	Карта полевых этнографических экспедиций.
	Хронологическая линейка полевых этнографических экспедиций.
	Галерея изображений, видео- и аудиоплеер.
к поиску мультимедийных данных	По автору.
	По экспедиции.
	По дате.
	По произвольному запросу.
к наличию специализированных функций	Возможность ограничения доступа к мультимедийным данным.

**Заключение**

В настоящей работе сформулированы требования, на которые необходимо обратить внимание при построении единого хранилища

мультимедийных данных из полевых этнографических экспедиций. В настоящее время продолжают исследования существующих CMS с точки зрения соответствия представленным требованиям. В том числе будет проверяться возможность создания дополнительных интерфейсов для обеспечения удобства добавления, изменения и удаления данных из хранилища, а также возможности модификации структуры описания объектов. Итогом дальнейших исследований станет выбор оптимальной системы управления содержимым для решения задачи построения единого хранилища мультимедийных данных из полевых этнографических исследований.

### Список литературы:

1. Касаткина А.К., Чечулин А.А. Мультимедийная база данных по фольклору Ифугао (Филиппины): постановка задач и выбор решений // Всероссийская научно-практическая конференция «Малочисленные этносы в пространстве доминирующего общества: практика прикладных исследований и эффективные инструменты этнической политики». г. Кемерово, 17—18 октября 2014 г. Сборник научных статей, г. Кемерово — ООО «Практика», 2014. — С. 312—317.
2. Портал «Антропогенез.ru»: сайт. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://antropogenez.ru> (дата обращения: 20.10.2015).
3. Проект «Звуковые Архивы: Европейская память о Гулаге»: сайт. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://museum.gulagmemories.eu/ru> (дата обращения: 20.10.2015).
4. Проект «По ту сторону войны: устная история военнопленных и остарбайтеров»: сайт. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://archive.tastorona.su> (дата обращения: 20.10.2015).
5. Проект «Устная История»: сайт. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://oralhistory.ru> (дата обращения: 20.10.2015).
6. Проект «Фольклор и народная культура России»: сайт. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://folk.ru> (дата обращения: 20.10.2015).
7. Чечулин А.А. Основные проблемы при формировании электронного каталога полевых данных // Маклаевские чтения-2014. г. Санкт-Петербург, 15—16 апреля 2014 г.
8. International site of open source Content Management System Drupal. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://www.drupal.org> (дата обращения: 20.10.2015).
9. International site of open source Content Management System TYPO3. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://typo3.org> (дата обращения: 20.10.2015).

## ДЕКОМПОЗИЦИЯ ПРОЦЕССА КОРРЕЛЯЦИИ СОБЫТИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Левшун Дмитрий Сергеевич*

*программист лаборатории проблем компьютерной безопасности  
Санкт-Петербургского института  
информатики и автоматизации РАН,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [levshun@comsec.spb.ru](mailto:levshun@comsec.spb.ru)*

## SECURITY EVENT CORRELATION PROCESS DECOMPOSITION

*Dmitry Levshun*

*developer at Laboratory of Computer Security Problems of the  
St. Petersburg Institute for Informatics and Automation  
of the Russian Academy of Science,  
Russia, St. Petersburg*

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ  
(13-01-00843, 14-07-00697, 14-07-00417, 15-07-07451, 15-37-51126).*

### АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена исследованию процесса корреляции событий безопасности. Объектом исследования является как сам процесс корреляции событий безопасности, так и подпроцессы, или модули, из которых он состоит. В статье приводится модульное представление процесса корреляции событий безопасности, а также приводится описание задач, выполняемых каждым из модулей.

### ABSTRACT

This paper is devoted to the investigation of security event correlation process. The object of this research is the general security event correlation process as well as its elements. In this paper a modular representation of the event correlation process is provided. Also the paper contains the description of the tasks that are performed by each of the modules.

**Ключевые слова:** корреляция событий безопасности; анализ событий безопасности.

**Keywords:** security event correlation; event analysis.

## Введение

В ситуациях, когда злоумышленник осуществляет свою деятельность в течении большого промежутка времени или собирает информацию из различных сторонних источников, способность IDS (система обнаружения вторжений) к обнаружению вредоносной активности снижается. При этом злоумышленник может использовать новые виды атак, сигнатуры которых отсутствуют в базе IDS, а потому не могут быть обнаружены. К тому же, важно отметить, что большинство сенсоров IDS анализируют следы, оставленные злоумышленником в различных местах целевой сети, независимо друг от друга, что усложняет задачу обнаружения. Таким образом, чтобы определить полные сценарии атаки, IDS должна собрать и связать информацию, поступающую от различных источников (антивирусов, систем анализа трафика, обманных систем и т. д.). Процесс сбора, связывания и анализа такой информации называется корреляцией событий безопасности [3].

Процесс корреляции событий безопасности является основополагающим элементом механизма обеспечения безопасности такого класса систем как SIEM-системы [6]. Помимо непосредственной корреляции событий, компонент корреляции событий безопасности осуществляет пред- и постобработку событий в зависимости от конкретной реализации SIEM-системы. С одной стороны, процесс корреляции событий безопасности представляет собой последовательность этапов операций над событиями, а с другой стороны, корреляция — это процесс преобразования событий таким образом, что несколько событий могут быть объединены в одно более сложное неделимое мета-событие [2]. При этом в самом процессе корреляции событий безопасности используется два типа операций: (1) операции комбинирования ряда событий безопасности в одно мета-событие; (2) идентификация и удаление (или обозначение) ложных или бесполезных событий безопасности [5].

## Декомпозиция процесса корреляции событий безопасности

Процесс корреляции событий безопасности является сложной задачей. Для решения сложных задач удобно использовать универсальный приём — *декомпозицию*, то есть разбиение одной сложной задачи на несколько более простых задач-модулей. При этом важно чётко определить функции каждого модуля и порядок их взаимодействия (то есть межмодульные интерфейсы). Тогда станет возможным рассматривать каждый модуль в качестве «чёрного ящика», что позволит, во-первых, абстрагироваться от внутренних механизмов каждого модуля и, во-вторых, сконцентрироваться на способе их взаимодействия.

В результате такого логического упрощения задачи появляется возможность независимого тестирования, разработки и модификации модулей [4]. Процесс корреляции событий безопасности в виде модулей представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1. Представление в виде модулей**

Важным моментом модульного представления процесса корреляции событий безопасности, является понимание того, что модули могут применяться не только последовательно или один раз. Реальный процесс корреляции событий безопасности может быть представлен гораздо более сложными схемами, когда некоторые модули процесса используются параллельно, или выход из некоторого модуля после некоторой обработки событий безопасности другими модулями, снова вернётся в него, замкнув, таким образом, цикл. Но так как всё это зависит от конкретной задачи, решаемой в определённый момент времени, гибкость и адаптивность процесса корреляции событий безопасности не отражена на схеме.

Важно отметить, что в рамках модульного представления процесса корреляции событий безопасности, не отражён процесс верификации, или проверки источников событий безопасности на подлинность. Если система корреляции событий безопасности будет получать в качестве входных данных события безопасности от любых источников, ничто не мешает злоумышленнику сгенерировать поток ошибок второго рода, притворившись одним из сенсоров. Наличие подобного потока событий значительно ухудшает качество процесса корреляции событий безопасности и может привести к обнаружению сценариев атак, которые не существуют. Задача верификации источников событий безопасности ложится на процесс сбора данных, поэтому в рамках процесса корреляции событий безопасности каждое событие безопасности уже считается верифицированным, т. е. от разрешённого источника событий безопасности.

Рассмотрим каждый модуль процесса корреляции событий безопасности более подробно:

**Нормализация.** Из-за того, что источники данных могут поставлять информацию в разном формате, возникает необходимость перевода каждого события безопасности в некоторый стандартизированный формат, который был бы понятен процессу корреляции событий безопасности. Этот перевод, или *нормализация*, означает, что синтаксис и семантика события безопасности прозрачны и беспрепятственно определяемы.

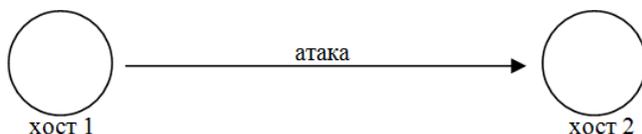
**Предобработка.** Нормализованные события безопасности имеют стандартизированные имена и атрибуты в формате, понимаемом системой корреляции событий безопасности. Тем не менее, они нуждаются в дополнительной *предобработке*, так как часть источников событий безопасности может пропускать некоторые поля данных, важные для процесса корреляции событий безопасности (например, время начала (start time), время окончания (end time), источник и цель события безопасности).

**Анонимизация.** Данный модуль процесса корреляции событий безопасности необходим, если система корреляции событий безопасности работает с событиями от источников, расположенных в разных организациях. Анонимизация применяется для удаления или сокрытия конфиденциальной (или важной с юридической точки зрения) информации из событий безопасности. Существует две формы модуля: *анонимизация* и *псевдоанонимизация* [7; 8]. Анонимизация препятствует любому в восстановлении оригинальных данных, в то время как псевдоанонимизация обратима; это означает, что оригинальные данные могут быть восстановлены. В общем случае, желательно проводить псевдоанонимизацию, т. к. это позволяет получить доступ к оригинальной информации в ситуациях, когда необходим дальнейший анализ. Ключевой задачей модуля Анонимизации является сохранение свойств, необходимых для анализа безопасности. Эти свойства не статичны и зависят от используемых методов анализа. При изменении метода анализа, нам могут понадобиться новые свойства, скрытые или удалённые модулем Анонимизации. Извлечение подобных свойств предполагает *деанонимизацию* (обратный процесс) данных для соответствия изменениям, что возможно только при использовании псевдоанонимизирующих методов.

**Фильтрация и Агрегация.** Задача модуля Фильтрации и Агрегации в удалении из процесса корреляции событий по заранее определённым правилам, а также в объединении данных, которые возникли в результате независимого обнаружения одного и того

же события безопасности различными источниками событий. Решение об удалении события безопасности из процесса корреляции принимается на основе атрибутов события. Не прошедшие этап Фильтрации события безопасности больше в процессе корреляции событий безопасности не участвуют. Оставшиеся после этапа Фильтрации события переходят на этап Агрегации. Решение об агрегировании двух событий безопасности принимается на основе их содержимого и временных параметров. При идентичности перекрывающихся (определённых для каждого) атрибутов событий безопасности, а также попадании различий временных параметров событий в заранее заданный интервал, события безопасности агрегируют в одно мета событие.

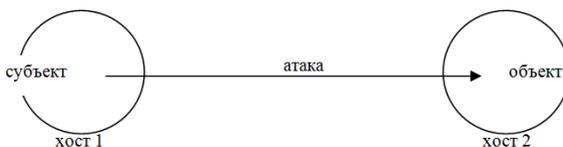
**Восстановление хода атаки.** Цель данного модуля — объединение ряда событий безопасности, вызванных злоумышленником при тестировании различных эксплоитов против определенной программы или запуском одного и того же эксплоита несколько раз для подбора правильных значений определенных параметров (например, смещений и адресов памяти для перегрузки буфера). Задача модуля Восстановления хода атаки ограничена объединением событий безопасности, вызванных активностью одного злоумышленника к одной цели (см. рис. 2). Восстановление хода атаки построено на объединении событий безопасности с одинаковыми атрибутами цели и источника, различия временных параметров которых попадает в заданный временной интервал. Требование к временным параметрам заключается в том, чтобы время окончания (end time) более ранней атаки было близко к времени старта (start time) следующей атаки.



**Рисунок 2. Восстановление хода атаки**

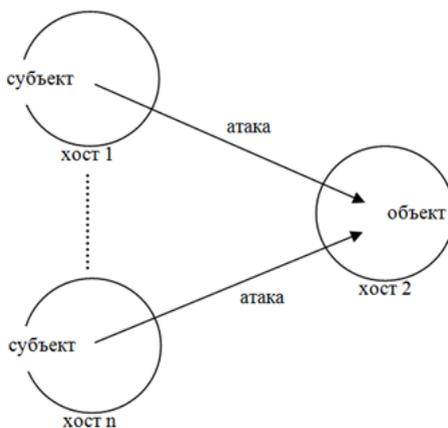
**Восстановление сессии атаки.** Цель данного модуля — поиск связи между network-based и host-based событиями безопасности (см. рис. 3). Процесс поиска связи между событиями усложняется тем, что информация, предоставляемая в network-based и host-based событиях безопасности, отличается. Network-based сенсоры могут предоставить IP-адреса источника и цели и порты, на которые пришел(-ли) пакет(ы), содержащие обнаруженные атаки. Host-based сенсоры,

с другой стороны, содержат информацию об объекте, который был атакован, и субъекте, от имени которого атака была осуществлена.

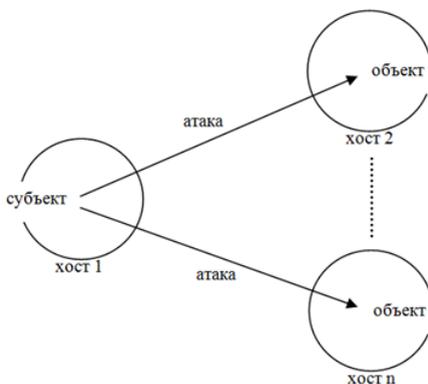


**Рисунок 3. Восстановление сессии атаки**

**Определение цели и источника атаки.** Задача модуля — идентификация хостов, которые являются или источником, или целью значительного количества атак. Этот модуль объединяет события безопасности, ассоциируемые с отдельным хостом, который атакует несколько жертв (сценарий *один-ко-многим* (*one2many*), см. рис. 4), и с несколькими злоумышленниками, которые атакуют одну жертву (сценарий *мноغو-к-одному* (*many2one*), см. рис. 5).

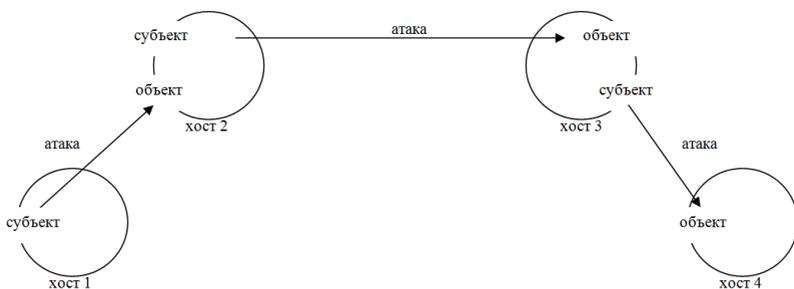


**Рисунок 4. Сценарий много-к-одному**



**Рисунок 5. Сценарий один-ко-многим**

**Многошаговая корреляция.** Модуль используется для распознавания сценариев атак, которые состоят из нескольких отдельных атак (см. рис. 6).



**Рисунок 6. Многошаговая корреляция**

Обычно, эти сценарии определяются с использованием той или иной формы экспертных знаний [1]. Также, модуль Многошаговой корреляции можно использовать для верификации высокоуровневых событий безопасности. При этом определяются сценарии атак, которые заведомо не имеют значения. Это позволяет отфильтровать последовательности событий, которые должны быть выведены из процесса корреляции событий безопасности.

**Анализ ущерба.** Модуль использует внешнюю информацию для анализа сценариев атак с точки зрения ущерба от их влияния

на инфраструктуру сети или используемые ресурсы. На основе данных об ущербе, модуль назначает более высокую степень важности сценариям атак, которые угрожают более важным активам сети. Информация о сети и соответствующих ресурсах хранится в базе данных активов сети. В базе данных содержатся подробности об установленных сетевых сервисах, зависимостях между этими сервисами, а также их важностью для функционирования сети.

**Приоритизация.** Модуль должен учитывать политику безопасности и требования безопасности среды, в которой развернута система корреляции. Фактически, модуль ориентирован на пожелания пользователя системы корреляции событий безопасности, а потому не существует абсолютной приоритизации сценариев атак. Задача модуля — отмечать сценарии атак, приоритет которых для пользователя не существует.

**Фильтрация на основе ранжирования.** Модуль используется для снижения общего количества сценариев за счет избавления от информации, важность которой мала. Модуль Фильтрации на основе ранжирования должен учитывать политику безопасности и требования безопасности среды, в которой развернута система корреляции. Поэтому, не существует абсолютного ранжирования сценариев атак. Удаление из процесса корреляции сценариев атак с низким рангом (ущерб от влияния которых на анализируемую сеть отсутствует или незначителен) снижает количество ошибок второго рода, повышая качество процесса корреляции событий безопасности.

### **Заключение**

В настоящей работе представлена декомпозиция процесса корреляции событий безопасности на более простые задачи-модули. Исследования декомпозиции процесса корреляции событий безопасности продолжаются с точки зрения ещё более эффективной концепции, развивающей идею декомпозиции. Такой концепцией является многоуровневый подход [4]. Применение концепции многоуровневого подхода позволит сгруппировать полученные модули и упорядочить их по уровням, образующим иерархию. В соответствии с принципом иерархии для каждого промежуточного уровня можно указать непосредственно примыкающие к нему соседние вышележащий и нижележащий уровни. Итогом дальнейших исследований декомпозиции процесса корреляции событий безопасности станет многоуровневое иерархическое модульное представление процесса корреляции событий безопасности.

### Список литературы:

1. Котенко И.В., Дойникова Е.В., Чечулин А.А. Общее перечисление и классификация шаблонов атак (САРЕС): описание и примеры применения // Защита информации. Инсайд, — № 4, — 2012. — С. 54—66.
2. Котенко И.В., Саенко И.Б., Полубелова О.В., Чечулин А.А. Технологии управления информацией и событиями безопасности для защиты компьютерных сетей // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — № 2, — 2012. — С. 57—68.
3. Левшун Д.С., Чечулин А.А. Построение классификационной схемы существующих методов корреляции событий безопасности // XIV Санкт-Петербургская Международная Конференция “Региональная информатика-2014” (“РИ-2014”). 29—31 октября 2014 г. Материалы конференции. СПб., 2014. — С. 148—149.
4. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 4-е издание: учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2010. — с. 109—111.
5. Cristopher Kruegel, Fredrik Valeur, Giovanni Vigna Intrusion Detection and Correlation: Challenges and Solutions. University of California, Santa Barbara, USA: Springer, 2005. — p. 29—33.
6. Igor Kotenko, Andrey Chechulin A Cyber Attack Modeling and Impact Assessment Framework. 5th International Conference on Cyber Conflict 2013 (CyCon 2013). Proceedings. IEEE and NATO COE Publications. 4—7 June 2013, Tallinn, Estonia. 2013. — P. 119—142.
7. Ruoming Pang, Vern Paxson A high-level programming environment for packet trace anonymization and transformation // ACM SIGCOMM’03 Proceedings of the 2003 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications. 25 August 2003. ACM New York, NY, USA, 2003, — pp. 339—351.
8. Ulrich Flegel Pseudonymizing Unix Log Files // Infrastructure Security. 26 September 2002. Volume 2437 of the series Lecture Notes in Computer Science — pp. 162—179.

## АППАРАТНАЯ ПОДДЕРЖКА КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЗМА ОЧЕРЕДЕЙ СООБЩЕНИЙ В МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

**Мартышкин Алексей Иванович**

канд. техн. наук, доцент кафедры Вычислительных машин и систем  
Пензенского государственного технологического университета,  
РФ, г. Пенза  
E-mail: [Alexey314@yandex.ru](mailto:Alexey314@yandex.ru)

**Карасева Елена Александровна**

магистрант кафедры Вычислительных машин и систем  
Пензенского государственного технологического университета,  
РФ, г. Пенза  
E-mail: [Elena280190@yandex.ru](mailto:Elena280190@yandex.ru)

## HARDWARE SUPPORT CATALYST FOR IMPLEMENTING THE MECHANISM OF MESSAGE QUEUES IN MULTIPROCESSOR COMPUTER SYSTEMS

**Alexey Martyshkin**

*candidate of Science, assistant professor Department of Computational  
Systems and Machines of Penza State Technological University,  
Russia, Penza*

**Elena Karaseva**

*master student Department of Computational Systems and Machines  
of Penza State Technological University,  
Russia, Penza*

*Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии  
Президента РФ молодым ученым и аспирантам на 2015—2017 гг.  
(СП-828.2015.5)*

### АННОТАЦИЯ

В статье повествуется об обмене между параллельными процессами в многопроцессорной вычислительной системе, недос-

татках программных реализаций этого механизма и предлагается аппаратный катализатор, выполняющий данную функцию. Описывается его архитектура и интерфейс взаимодействия с системой. В заключении приводятся результаты моделирования, и выводы.

### ABSTRACT

The article tells about the exchange between the parallel processes in a multiprocessor computer system, the shortcomings of software implementations of this mechanism and offers hardware catalyst that performs this function. It describes its architecture and interface to the system. In the end of article presents the results of modeling and conclusions.

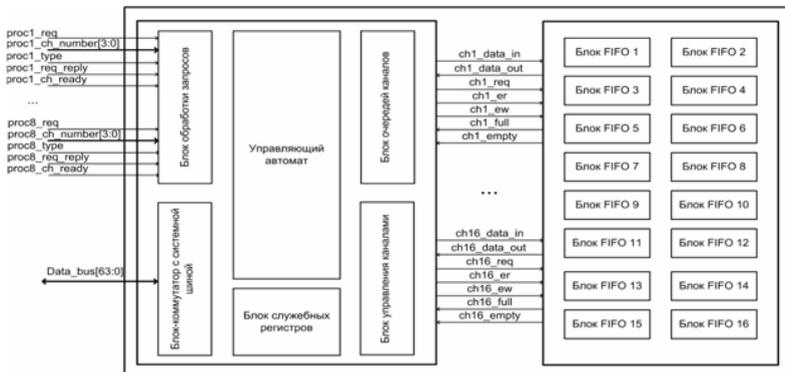
**Ключевые слова:** многопроцессорная вычислительная система; параллельные процессы; семафор; разделяемая память; аппаратный буфер; счетчик; аппаратный катализатор.

**Keywords:** a multiprocessor computing system; concurrent processes; semaphores; shared memory; hardware buffer; counter; hardware-based catalyst.

При распараллеливании программ всегда возникают взаимодействия между процессами, проявляющиеся в виде обмена между параллельными ветвями алгоритма или параллельными процессами. Для такого обмена существует целый ряд механизмов, таких как разделяемая память, семафоры и другие средства взаимодействий между процессами [1]. Все перечисленные механизмы реализуются программно в операционной системе (ОС). В случае неэффективной реализации механизмов обмена, производительность системы снижается, а время отклика возрастает. Поэтому перенесение функций межпроцессного обмена из программной в аппаратную часть ОС может существенно повысить ее производительность, снизив время на обмен данными между процессами и освободив больше процессорного времени для прикладной задачи.

В статье используется алгоритм управления взаимодействующими процессами при обмене сообщениями в задаче «производители-потребители». Здесь задача синхронизации процессов решается посредством использования монитора, запрещающего одновременный доступ двух или более процессов к общему ресурсу (ОР), представленному в виде кольцевого буфера, тем самым обеспечивается бесконфликтный обмен данными между процессом производителем и процессом потребителем [1].

В общем виде структурная схема аппаратного катализатора для реализации механизма очередей сообщений представлена на рис. 1.



**Рисунок 1. Структурная схема аппаратного катализатора**

**Блоки FIFO.** Каждый из 16 блоков *FIFO* представляет собой кольцевой буфер размером 1024 записи. Запись в буфер производится по принципу «первый вошел первый вышел». В каждом канале имеется 4 счетчика: счетчик, хранящий значение «головой» буфера. При записи его значение увеличивается на единицу; счетчик, хранящий значение «хвоста» буфера. При чтении его значение увеличивается на единицу; счетчик, подсчитывающий общее количество занятых ячеек в буфере. Его начальное значение равно нулю, при каждой записи оно увеличивается на единицу, а при каждом чтении из буфера уменьшается на единицу; счетчик, подсчитывающий общее количество пустых ячеек в буфере. Начальное значение счетчика равно 1024, при каждой записи оно уменьшается на единицу, а при каждом чтении увеличивается на единицу.

Блоки *FIFO* соединены с блоком управления каналами внутренним интерфейсом, состоящим из следующих сигналов: *Ch\_req* — сигнал запроса; *Ch\_er* — сигнал разрешения чтения; *Ch\_ew* — сигнал разрешения записи; *Ch\_empty* — сигнал, извещающий управляющее устройство о пустоте канала; *Ch\_full* — сигнал, извещающий управляющее устройство о заполненности канала; *Ch\_data\_in* — входная шина данных (запись); *Ch\_data\_out* — выходная шина данных (чтение).

**Блок управления каналами.** Этот блок хранит состояние каждого счетчика и на основе этих данных принимает решение, возможна ли запрошенная центральным процессором (ЦП) операция или нет.

**Блок очередей каналов.** В этом блоке содержатся буферы, в которых хранятся запросы для каждого канала устройства, а также

идентификаторы ЦП, производших запрос. Когда устройство управления проверяет очереди каналов, блок очередей каналов выдает не только сам запрос, но и идентификатор ЦП, подавшего этот запрос.

*Блок обработки запросов.* Этот блок соединяется с каждым ЦП линией запроса, когда на нее поступает активный сигнал, происходит фиксация запроса и идентификатора ЦП, запросившего обмен. Эти данные передаются в блок очередей каналов, где хранятся до выборки устройством управления. В случае, когда ЦП подал запрос, но при этом уже находится в одной из очередей каналов, запрос не обрабатывается, а передается напрямую в устройство управления для дальнейшей обработки.

*Блок коммутации.* Данный блок реализует взаимодействие устройства с системной шиной и производит передачу всей необходимой информации в устройство.

*Блок служебных регистров.* Сюда входят различные буферные регистры и регистры, необходимые для работы устройства управления. Например, шестнадцать регистров *ch\_cur\_proc*, в которых хранятся идентификаторы ЦП, обрабатываемых каждым каналом устройства.

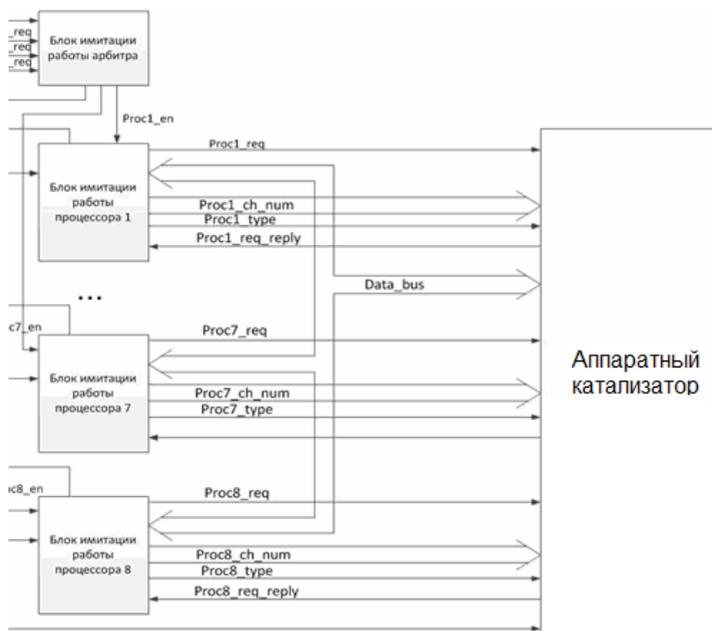
*Устройство управления.* Устройство управления реализует основной алгоритм работы устройства. Каждое состояние соответствует одному из этапов в алгоритме обмена сообщениями. Так один из каналов может находиться в состоянии ожидания поступления заявки, другой в состоянии обработки этой заявки, а третий уже обмениваться информацией с ЦП. Такая параллельная организация устройства управления позволяет добиться лучших показателей задержки, чем классическая схема с программной реализацией алгоритмов межпроцессного обмена.

Было произведено моделирование аппаратного катализатора на языке *VHDL*. На рис. 2 представлен общий вид функциональной схемы моделирования.

Системный интерфейс представлен следующими сигналами: *Proc\_rec* — выставив данный сигнал в единицу ЦП подает запрос на обмен; *Proc\_ch\_num* — ЦП выставив номер запрашиваемого канала; *Proc\_type* — сигнал типа операции (0 — запись, 1 — чтение); *Proc\_req\_reply* — сигнал подтверждения обмена, поступающий от аппаратного катализатора к ЦП. *Data\_bus* — шина данных, состоит из двух однонаправленных шин (*data\_bus\_in* и *data\_bus\_out*). Для обмена с катализатором ЦП должен выставить единичный сигнал *Proc\_rec*, а на *Proc\_ch\_num* — номер канала устройства. Когда подходит очередь ЦП на обмен, катализатор выставляет единичный

сигнал *Proc\_req\_reply*. Восприняв этот сигнал, ЦП захватывает системную шину и сбрасывает сигнал *Proc\_res* в нуль. После чего производится обмен данными.

Управляющий арбитр был реализован по приоритетной схеме: первый ЦП обладает наивысшим приоритетом, последний — низшим.



**Рисунок 2. Общий вид функциональной схемы моделирования**

В результате моделирования получены следующие результаты: процесс записи занимает 9 тактов, а чтения 12 тактов. Для сравнения программная реализация каналов *FIFO* затрачивает несколько тысяч тактов шины на данные операции (около 5000 тактов). Однако эти значения можно использовать лишь как приблизительные, так как моделирование производилось с использованием имитации работы ЦП и системного арбитра, и в модели не учитывался обмен ЦП с оперативной памятью.

### Список литературы:

1. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. — СПб.: Питер, 2015. — 1120 с.

## БЕСПРОВОДНАЯ NFC-ТЕХНОЛОГИЯ — ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО

**Тагиров Владислав Камильевич**

*канд. пед. наук, доцент*

*Оренбургского государственного аграрного университета,*

*РФ, г. Оренбург*

*E-mail: [Vladtagir@mail.ru](mailto:Vladtagir@mail.ru)*

**Тагирова Лилия Фаритовна**

*канд. пед. наук, доцент*

*Оренбургского филиала Московского технологического института,*

*РФ, г. Оренбург*

*E-mail: [LG-77@mail.ru](mailto:LG-77@mail.ru)*

**Копырулина Ольга Александровна**

*студент Оренбургского государственного аграрного университета,*

*РФ, г. Оренбург*

*E-mail: [Kopurulin@mail.ru](mailto:Kopurulin@mail.ru)*

## WIRELESS NFC-TECHNOLOGY — TECHNOLOGY OF THE FUTURE

**Vladislav Tagirov**

*candidate of pedagogical sciences, associate professor*

*of the Orenburg state agricultural university,*

*Russia, Orenburg*

**Liliya Tagirova**

*candidate of pedagogical sciences, associate professor*

*of the Orenburg branch of the Moscow institute of technology,*

*Russia, Orenburg*

**Olga Kopirulina**

*student of the Orenburg state agricultural university,*

*Russia, Orenburg*

## АННОТАЦИЯ

В статье дается характеристика новой технологии беспроводной высокочастотной связи NFC, приводятся ее основные характеристики и особенности внедрения. Обосновывается необходимость введения NFC-технологии в школьные учебные заведения.

## ABSTRACT

In article the characteristic of new technology of wireless high-frequency communication of NFC is given, its main characteristics and features of introduction are provided. Need of introduction of NFC technology to school educational institutions locates.

**Ключевые слова:** беспроводные технологии; NFC-технология.

**Keywords:** wireless technologies; NFC-technology.

Мы живем в динамичном, постоянно развивающемся мире. Он пропитан бесчисленным множеством технологий, которые еще в недавнем времени казались недостижимыми. Одной из таких технологий, получившей в последние годы большое распределение, является NFC-технология. NFC (Near Field Communication) — это технология беспроводной высокочастотной связи малого радиуса действия (до 3—5 см), позволяющая осуществлять бесконтактный обмен данными между мобильными телефонами, смарт-картами, платёжными терминалами, системами контроля доступа и прочими устройствами [1].

Фактически NFC представляет собой модификацию хорошо известной технологии радиочастотной идентификации RFID, используемой в бесконтактных картах и разнообразных электронных метках на товарах. Однако в отличие от RFID, чип NFC может объединять в себе как считывающее устройство, так и собственно смарт-карту, благодаря чему возможна двусторонняя связь с совместимыми аппаратами.

Новая технология упрощает и делает более удобными для потребителей разнообразные платежи, обмен цифровым контентом и соединение всевозможных электронных гаджетов. Специалисты считают, что NFC обладает большим потенциалом, особенно если эта технология связи будет реализована в мобильных телефонах.

Совсем скоро с помощью данной технологии будет достаточно просто совершать разнообразные операции, начиная с оплаты транспорта и заканчивая записью в поликлинику. NFC-технология способна заменить разнообразные бесконтактные технологии в таких областях, как контроль доступа в различные помещения, мобильные

платежи, в том числе в магазинах и на транспорте, в области обеспечения программ скидок, сбора и обмена информацией, здравоохранения и потребительской электроники [1]. Например, будет возможно использовать смартфон как универсальную бесконтактную карту, оплачивая покупки, услуги или проезд в общественном транспорте, в качестве билета на массовое мероприятие и даже как электронный ключ от машины или помещения (таблица 1).

Таблица 1.

Область применения	Пример
Оплата с помощью мобильного телефона	<ul style="list-style-type: none"><li>• покупка билетов или оплата такси;</li><li>• работа с бесконтактными терминалами продаж (платежные системы);</li><li>• хранение чеков в памяти телефона.</li></ul>
Телефон как электронный ключ	<ul style="list-style-type: none"><li>• для прохода в здание (контроль доступа);</li><li>• для доступа к ПК;</li><li>• для автомобиля;</li><li>• для создания офиса дома.</li></ul>
Передача данных	<ul style="list-style-type: none"><li>• обмен электронными визитками;</li><li>• печать фотографий напрямую с фотоаппарата</li></ul>
Электронная блокировка	<ul style="list-style-type: none"><li>• доступ к глобальным сетям или Bluetooth</li></ul>
Доступ к данным	<ul style="list-style-type: none"><li>• загрузка расписаний с электронного табло на телефон</li><li>• загрузка карт на телефон;</li><li>• считывание навигационных координат.</li></ul>
Хранение электронных билетов на мобильном телефоне	<ul style="list-style-type: none"><li>• в театр, на аттракцион или на какое-либо мероприятие.</li></ul>

Отдельным направлением внедрения технологии NFC в современном обществе является сфера образования, в частности, образование школьников. Использование технологии NFC технологи в школьном обучении, возможно, реализовать в двух направлениях. Первое — это авторизация и прежде всего контроль доступа. Примером использования данной области в учебных заведениях может служить система СКУД, которая дает возможность школьникам беспрепятственно попасть в здание школы, библиотеку и классы. На сегодняшний день во многих средних образовательных учреждениях не автоматизирована система контроля и учета данных, пропускной режим реализован на уровне охранной службы, сотрудники которой проверяют пропуски у учеников и учителей.

Второе-это внутришкольные системы безналичных платежей, возможность иметь электронный кошелек, упрощение оплаты транспортных систем, а так же возможность недорого питаться в столовой и многие другие студенческие и школьные скидочные системы. С помощью NFC возможно объединение пропусков и билетов в единую карту. Родители по средствам SMS сообщений смогут узнать посещал ли их ребенок школу, а администрация заведения отслеживать работу сотрудников. Карта может содержать в себе и добавочные услуги, такие как: безналичная оплата питания в школьных столовых, электронный учет льготного питания, проездной билет, читательский билет и медицинская карта ученика, рассказывающая о переносимых болезнях и аллергических реакциях [2].

С целью совершенствования системы контроля и учета школьников и учителей в рамках нашего исследования была внедрена NFC в пропускную систему школы №43 города Оренбурга. В качестве платформы была выбрана iCLASS SE, позволяющая использовать цифровые коммуникации в смартфонах NFC. Одним из главных критериев в пользу ее выбора стало высокая надежность и обеспечение повышенной безопасности данных.

Использование данной системы обеспечило возможность учета перемещения сотрудников и школьников по территории учебного заведения. Для начала была организована группа (42 человека) из учителей, персонала школы и учеников, которые ежедневно пользовались смартфоном с NFC для входа в кабинеты, столовую и библиотеку. Участники с помощью телефона, заменяющего карту, могли открыть любые двери, находящиеся на территории учебного заведения. Все это происходило с помощью NFC чипа, расположенного внутри телефона и осуществляющего доступ между устройством и замком. Технология предусматривала доставку данных на телефон и контроль за цифровыми ключами, что позволяло упростить контроль доступа. Важным аспектом являлось обеспечение полной безопасности использования учетных записей и защита всех проводимых операций.

Исследование показало, что NFC-технология позволила автоматизировать контроль посещения учебного заведения. Мобильное устройство на основе технологии NFC стало своего рода универсальным ключом, открывающим все двери. Введение NFC стало настоящим прогрессом для школы. Нередко ученики забывали пропуск дома, а без него, как известно, войти в учебное заведение

невозможно. Эта проблема была решена путем внедрения меток в пропускную систему.

В заключении хотелось бы отметить, что в результате реализации NFC-технологии была решена проблема автоматизации учета сотрудников и учеников школы. По результатам реализации нашего проекта 79 % опрошенных учеников и сотрудников школы № 43 согласились с тем, что открывать двери мобильным гораздо практичнее, чем картой. 89 % опрошенных выразили мнение о том, что хотят иметь возможность открывать двери всех заведений города с помощью смартфона, а также почти все заинтересовались новыми возможностями применения технологии для оплаты транспорта, питания, товаров и услуг.

Следовательно, использование NFC-технологий в образовательные учреждения является актуальной задачей при обучении школьников и внедрение в предложенной технологии открывает широкие возможности для сферы образования.

#### **Список литературы:**

1. Карнаухов В., Безнос О. Технология Near Field Communicatoin (NFC) // Современные наукоемкие технологии, № 3, 2014. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/tecnologiya-near-field-communication-nfc/>. Дата обращения: 30.09.2015.
2. Безнос О.С. Системный анализ и синтез информационной модели организации // Научно-технические ведомости СПбГПУ. — 2007. — № 51. — С. 140—144.

## СЕКЦИЯ 2.

### МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

*Демешова Татьяна Сергеевна*

*преподаватель, Пензенский артиллерийский инженерный институт,  
РФ, г. Пенза*

*E-mail: [demeshoffa@mail.ru](mailto:demeshoffa@mail.ru)*

#### DETERMINATION OF THE ACTUAL AREA OF CONTACT OF HARD LOADED POLYMERIC BEARINGS OF SLIDING

*Tatiana Demeshova*

*teacher, Penza artillery engineering institute,  
Russia, Penza*

#### АННОТАЦИЯ

Необходимость проведения испытаний по определению геометрической площади контакта обуславливается тем, что подшипники скольжения, изготовленные из полимерных композиционных материалов, будут иметь различную геометрическую площадь контакта при воздействии одинаковой нормальной нагрузки, что определяет границы диапазонов рабочих режимов исследуемых материалов. Испытания исследуемых материалов на лабораторной машине трения СМТ-1 показали, что лучшим материалом для изготовления деталей тяжело-нагруженных узлов трения являются углепластики с наполнителем антифрикционного слоя углелентой ЛУП-0,2.

#### ABSTRACT

Need of carrying out tests by determination of the geometrical area of contact is caused by that the sliding bearings manufactured of polymeric composite materials will have various geometrical area of contact at influence of identical normal loading that defines borders of ranges

of operating modes of the studied materials. Tests of the studied materials by laboratory car of friction of SMT-1 showed that the best materials of production of details of hard loaded knots of friction are plastics with a filler of an antifrictional layer coal a tape LUP-0,2.

**Ключевые слова:** полимерные композиционные материалы; подшипник скольжения; геометрическая площадь контакта.

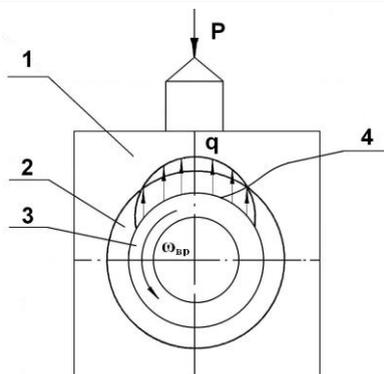
**Keywords:** Polymeric composite materials; sliding bearing; geometrical area of contact.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) являются одним наиболее важных и широко используемых классов современных конструкционных материалов. Применение ПКМ в тяжело нагруженных подшипниках скольжения способствует решению многих технических и экономических проблем, основными из которых являются экономия дефицитных медесодержащих сплавов, снижение стоимости, повышение износостойкости, увеличение срока эксплуатации машин и уменьшение расхода запасных частей [1, с. 3]. В этой связи перспективным представляется применение подшипников скольжения (ПС) из полимерных композиционных материалов. Пропитанные маслом они обеспечивают режим самосмазывания. Высокие антифрикционные свойства, способность работать в условиях сухого трения в сочетании с высокой прочностью подложки способствуют увеличению ресурса в тяжелых условиях эксплуатации ПС из ПКМ, армированных высокопрочными и высокомодульными волокнами [2, с. 5].

Механические характеристики ПКМ значительно зависят от схемы армирования материала волокнами наполнителя. Соответственно ПС, изготовленные из этих материалов, будут иметь различную геометрическую площадь контакта (ГПК) при воздействии одинаковой нормальной нагрузки, что необходимо учитывать при расчете давления в зоне трения [3, с. 8].

Необходимость определения геометрической площади контакта экспериментальным путем обусловлена невозможностью представить поверхность втулки из ПКМ как гладкую поверхность ввиду особенностей укладки волокон наполнителя антифрикционного слоя.

Для определения геометрической площади контакта ПС из ПКМ при изнашивании в качестве испытательной установки была выбрана лабораторная машина трения СМТ-1 [4, с. 5]. Испытаниям были подвергнуты тонкостенные образцы в виде втулок, изготовленные из различных композиционных материалов. Схема модельного узла трения представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1. Схема для испытаний образцов: 1 — корпус; 2 — образец; 3 — контрообразец; 4 — термопара**

Втулка 2 была установлена без зазора в стальном корпусе 1. Жесткость корпуса обеспечивала пренебрежимо малую его деформацию по сравнению с деформацией втулки. В качестве контртела были использованы стальные (сталь 40Х ГОСТ 4543-71) втулки 3, сопряженные с образцами малым (0,05 ... 0,1 мм) зазором, при котором упругие характеристики незначительно влияли на величину центрального угла трения пары образец-контрообразец. Для получения четкого отпечатка пятна контакта использовалась меловая пыль, напыляемая на поверхность образца.

Испытания образцов проводились до достижения на образце предельно-допустимого по техническим характеристикам машины момента трения  $M_{тр}=20$  Нм.

Исследовался вопрос об увеличении площади контакта в зависимости от увеличения нормальной нагрузки с целью определения увеличения ГПК в зависимости от увеличения нагрузки. Измерение площади контакта проводилось в 3 различных режимах при частоте вращения вала  $n=100$  мин<sup>-1</sup>.

Подготовка и проведение испытаний включала в себя следующие операции:

1. Исследуемые образцы промывались в бензине, после чего измерялись их внутренний диаметр индикаторным нутромером НИ 18-50 ГОСТ 868-82. Затем на внутреннюю поверхность образцов напылялась меловая пудра.

2. Контрообразец и образец устанавливались в держатели вращательной установки СМТ-1 в соответствии с требованиями [4, с. 15].

3. Пуск машины производился в следующей последовательности:

- задавалась требуемая скорость вращения шпинделя испытательной установки, обеспечивающая требуемые параметры вращательного движения;
- нагрузка подавалась плавно от винта механизма нагружения через рычаг испытательной камеры;
- контроль параметров, определяющих режим испытания, осуществлялся по встроенным в пульт управления СМТ-1 миллиамперметру, вольтметру и счетчику числа оборотов.

4. После достижения предельно допустимого техническими характеристиками машины момента трения  $M_{тр}=20$  Нм, машина выключалась, образец извлекался из держателей вращательной установки.

5. После каждого цикла испытаний проводился анализ состояния поверхностей трения с соответствующими записями в журнал испытаний.

Всего было подвергнуто испытаниям 17 образцов. Результаты испытаний занесены в таблицу 1.

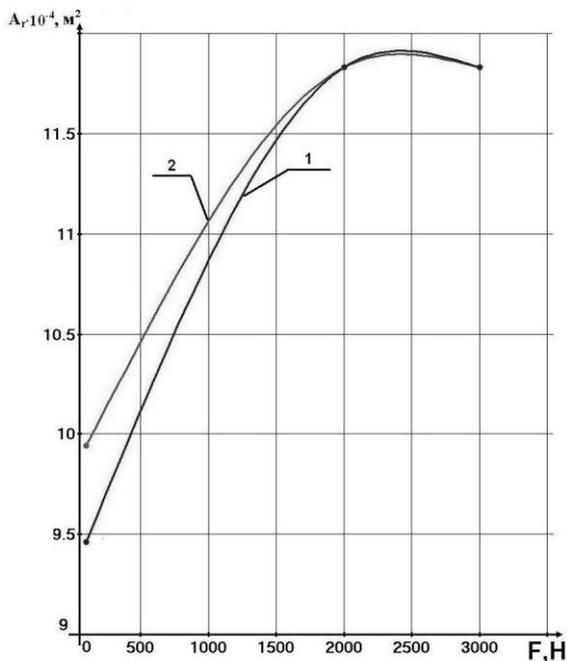
*Таблица 1.*

#### Определение геометрической площади контакта

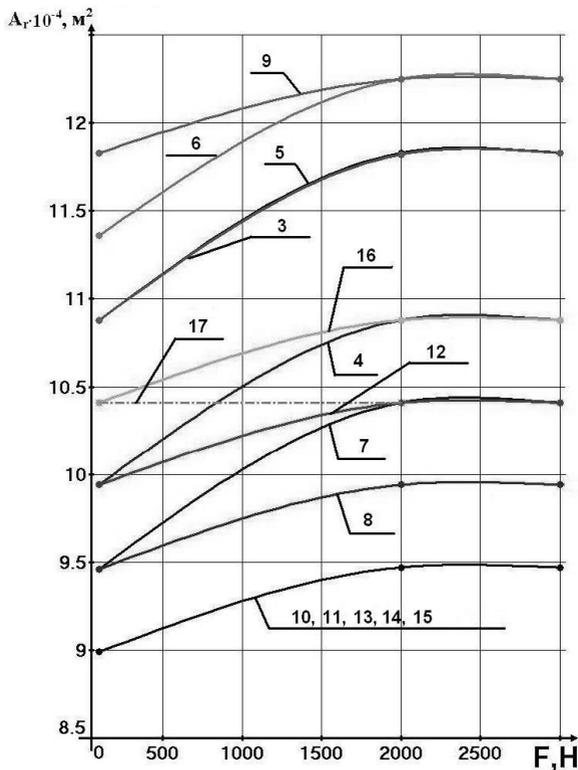
№ образца	Наименование материала	Геометрическая площадь контакта $A$ , $10^{-4} \cdot \text{м}^2$		
		Режим 1 $F=100$ Н	Режим 2 $F=2000$ Н	Режим 3 $F=3000$ Н
1	Органостеклопластик (оксалон, стеклоткань)	9,46	11,83	11,83
2	Органопластик (оксалон)	9,94	11,83	11,83
3	Углестеклопластик (вискум, стеклоткань)	10,88	11,83	11,83
4	Углепластик (вискум)	9,94	10,88	10,88
5	Углепластик (вискум, Т-10ИТ-14)	10,88	11,83	11,83
6	Углестеклопластик (вискум, 74-30-90)	11,36	12,25	12,25
7	Углеорганопластик (вискум, оксалон)	9,46	10,41	10,41
8	Углепластик (ЛУ-П/0,2)	9,46	9,94	9,94
9	Углестеклопластик (ЛУ-П/0,2, Т-10ИТ-14)	11,83	12,25	12,25
10	Углестеклопластик (ЛУ-П/0,2, Т-10ИТ-14)	8,99	9,47	9,47

11	Углеорганопластик (ЛУ-П/0,2, оксалон)	8,99	9,47	9,47
12	Углепластик (ЭЛУР)	9,94	10,41	10,41
13	Углестеклопластик (пропитан маслом МТ)	8,99	9,47	9,47
14	Углестеклопластик (пропитан маслом МТ)	8,99	9,47	9,47
15	Углеорганопластик (пропитан маслом МТ)	8,99	9,47	9,47
16	Углеорганопластик (пропитан маслом МТ)	10,41	10,88	10,88
17	Латунь	10,41	-	

Зависимость площади контакта  $A_c$  от величины нагрузки  $F$  представлена на рисунках 2 и 3 (номер кривой соответствует номеру образца).



**Рисунок 2. Зависимость геометрической площади контакта ПС из ПКМ на основе органоволокон со стальным валом от величины нормальной нагрузки при скольжении**



**Рисунок 3. Зависимость геометрической площади контакта ПС из ПКМ на основе углепластиков и стального вала от величины нормальной нагрузки при скольжении**

Анализ показал, что фактическое пятно контакта на 15 ... 20 % меньше, чем по расчетным данным, за счет того, что контактирование поверхностей образца и стального вала происходит в зависимости от конструкции образца по слоям намотки и по выступам волокон наполнителя антифрикционного слоя. Геометрическая площадь контакта приближается к фактической лишь при износе образца равном 0,01 мм.

Как показал анализ зависимостей геометрических площадей контакта исследуемых ПКМ от величины нормальной нагрузки, ГПК ПС из ПКМ увеличивается при увеличении нормальной нагрузки от 1500 ... 3000 Н, а затем практически остается постоянной.

Дальнейшее незначительное увеличение площади контакта, как показывают визуальные наблюдения за состоянием пятна контакта, происходит за счет смятия и износа волокон наполнителя антифрикционного слоя ПС, так и выступающих поверхностей слоев ленты наполнителя. Причем, чем больше величина площади сечения волокон наполнителя антифрикционного слоя, тем больше увеличение ГПК при возрастании нормальной нагрузки (давления на площади контакта).

Расчеты показали, что при увеличении нагрузки от 100 до 3000 Н геометрическая площадь контакта увеличивается соответственно:

- для органопластиков (оксалон) — на 24 %;
- для углепластиков (вискум) — на 9 %;
- для углепластиков (ЛУ-П/0,2, ЭЛУР) — на 5 %.

### Список литературы:

1. Мережко Ю.А., Зиновьев Р.С. Подшипники скольжения из армированных реактопластов. Книга 1. Исследования и конструкторская отработка подшипников из полимерных композиционных материалов. — Екатеринбург: Межрегиональный совет по науке и технологиям, 2002. — 249 с.
2. Савицкий В.Я. Основы и приложения теории прогнозирования ресурса сложных трибосистем: Монография. — Пенза: ПАИИ, 2005. — 326 с.
3. Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учеб. для техн. вузов. 2-е изд. М.: Машиностроение, 2001. — 664 с.
4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации машины для испытаний на трение и износ СМТ-1. — М: ВЦИО, 1980. — 71 с.

### СЕКЦИЯ 3.

## ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

### ФИНИТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИВОДАМИ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

*Капля Егор Викторович*

*канд. физ.-мат. наук, доцент, ведущий научный сотрудник  
филиала Московского энергетического института в г. Волжском,  
РФ, г. Волжский*

*E-mail: [ev-kaple@yandex.ru](mailto:ev-kaple@yandex.ru)*

### FINITE CONTROL BY THE BLADES DRIVES OF THE WIND POWER PLANT

*Egor Kaplya*

*candidate of physics and mathematics, associate professor,  
leading researcher branch of Moscow power engineering  
Institute in Volzhsky,  
Russia, Volzhsky*

#### АННОТАЦИЯ

Составлена структурная схема автоматической системы финитного управления сервоприводами лопастей поворотного-лопастного ветроколеса. Предложен закон финитного управления приводами на основе двигателей постоянного тока.

#### ABSTRACT

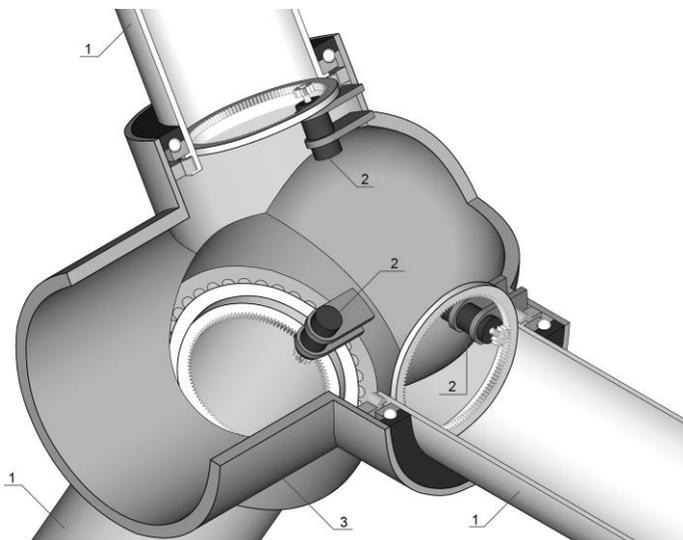
The block diagram of an automatic system of finite control by servo-drivers of blades pitch angle control wind turbine is composed. Proposed law finite control actuators based on DC motors.

**Ключевые слова:** ветроэнергетическая установка; ветроколесо, угол установки лопасти; финитное управление; серводвигатель; сервопривод; лопасть.

**Keywords:** wind power plant; wind turbine; pitch angle of the blade; finite control; fixed-time control; servo motor; servo-driver; blade.

Повышение энергоэффективности ветроэнергетических установок (ВЭУ) достигается совершенствованием аэродинамических характеристик и оптимизацией систем управления ВЭУ. Современные поворотные-лопастные ВЭУ (ПЛВЭУ) — сложные автоматизированные устройства. Система управления лопастями ВЭУ содержит блок управления и исполнительные механизмы.

Одна из основных задач системы управления ветроэлектрической установкой — стабилизация частоты электрического тока. Частота электрического тока, вырабатываемого синхронным генератором, непосредственно связана с угловой скоростью вращения ветроколеса (ВК). При изменении скорости воздушного потока управление угловой скоростью вращения ВК обычно осуществляется поворотом лопастей [3, с. 8—10] относительно их собственных продольных осей. Поворотные-лопастные механизмы (рис. 1) позволяют стабилизировать частоту вращения ВК и уменьшить аэродинамическую нагрузку ВК при ураганном ветре путём флюгирования лопастей.

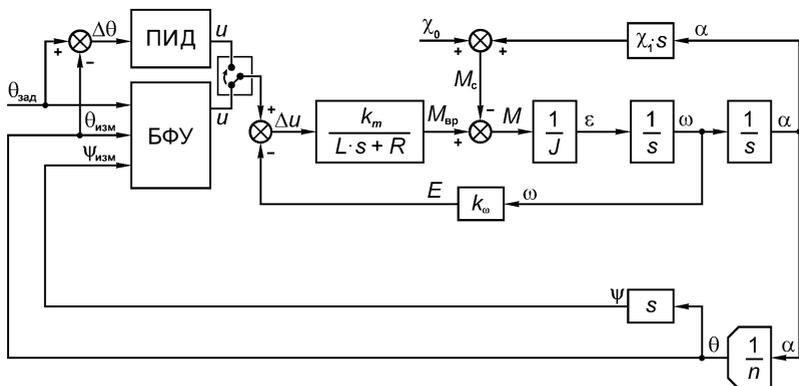


**Рисунок 1. Поворотные-лопастные ВК: 1 — лопасть ВК в продольном разрезе; 2 — сервопривод лопасти; 3 — ступица ВК в разрезе 120°**

Существующие ПЛВЭУ имеют электромеханические или электрогидромеханические сервоприводы. Каждая лопасть, как правило, оснащается индивидуальным сервоприводом. С целью поддержания стабильной частоты тока на выходе генератора ВЭУ и стабильной частоты вращения ВК используют ПИД-регуляторы [4, с. 4].

При запуске ПЛВЭУ лопасти ВК устанавливаются под углом, при котором достигается максимальный вращающий момент на валу ВК, обеспечивается наибольшее угловое ускорение ВК и наименьшая продолжительность разгона. Для останова ВК лопасти устанавливаются во флюгерное положение, в котором вращающий момент минимален. Применение ПИД-регулятора при разгоне и останове ВК приводит к существенному перерегулированию и (или) к появлению ошибки регулирования. В процессе разгона или останова ВК вместо ПИД-закона управления целесообразно использовать алгоритмы конечного управления.

Структурная схема усовершенствованного автоматизированного сервопривода лопасти с двигателем постоянного тока, блоком конечного управления (БФУ) и ПИД-регулятором представлена на рис. 2.



**Рисунок 2. Структурная схема автоматизированного сервопривода лопасти**

На схеме использованы следующие обозначения:  $J$  — суммарный осевой момент инерции вращающихся элементов сервопривода и лопасти, приведённый к валу двигателя;  $\alpha(t)$  — угол поворота ротора двигателя;  $i(t)$  — ток в цепи якоря;  $k_m$  — коэффициент пропорциональности, связывающий ток в цепи якоря

и развиваемый двигателем вращающий момент;  $u(t)$  — напряжение питания двигателя;  $M_c(t)$  — момент сопротивления нагрузки;  $1/n$  — передаточное число редуктора сервопривода лопасти — отношение угловой скорости поворота лопасти к угловой скорости вращения ротора двигателя;  $L$  — индуктивность цепи якоря;  $R$  — активное сопротивление цепи якоря;  $k_\omega$  — коэффициент противоЭДС;  $\omega(t)$  — угловая скорость поворота ротора двигателя;  $\psi(t)$  — угловая скорость поворота лопасти;  $\chi_0$  — момент трогания сервопривода с нагрузкой;  $\chi_1$  — коэффициент динамического сопротивления редуктора и лопасти;  $E(t)$  — противоЭДС;  $E(t) = k_\omega \cdot \omega(t)$ ;  $M_{вр}(t)$  — вращающий момент, создаваемый двигателем;  $M_{вр}(t) = k_m \cdot i(t)$ ;  $\varepsilon(t)$  — мгновенное угловое ускорение ротора двигателя;  $\theta_{зад}(t)$  — заданное значение угла установки лопасти;  $\theta_{изм}(t)$  — измеренное значение угла установки лопасти;  $\Delta\theta(t)$  — ошибка управления;  $\Delta\theta(t) = \theta_{зад}(t) - \theta_{изм}(t)$ .

Передача вращающего момента от вала двигателя к лопасти осуществляется зубчатыми колёсами редуктора. Такую передачу можно считать жёсткой и использовать соотношения:  $\theta(t) = \alpha(t)/n$ ,  $\psi(t) = \omega(t)/n$ .

Угловое ускорение ротора двигателя постоянного тока пропорционально напряжению питания:  $u(t) = k_u \cdot \varepsilon(t)$ , где

$k_u = \frac{J}{k_m} \cdot R$  — коэффициент пропорциональности между напряжением

питания двигателя и угловым ускорением ротора.

Редуктор сервопривода лопасти позволяет увеличить вращающий момент и точность углового позиционирования лопасти. Контроль углового положения лопастей осуществляют с помощью энкодеров. Контроллер системы управления сервоприводами лопастей и серводвигатели лопастей устанавливаются во внутренней полости ступицы ВК. В каждый момент времени лопасти подвергаются различным механическим нагрузкам. Оснащение каждой лопасти независимым сервоприводом, предполагает индивидуальный контроль углового положения каждой лопасти.

Известный закон финитного управления [1, с. 59] принимает вид:

$$u(t) = k_u \cdot n \cdot \left( k_0 + k_1 \cdot (t - T_0) + k_2 \cdot (t - T_0)^2 + k_3 \cdot (t - T_0)^3 + k_\theta \cdot \theta(t - T_0) + k_\psi \cdot \psi(t - T_0) \right), \quad (1)$$

где:  $k_0 = \frac{6 \cdot \theta_0}{\Delta T^2} + \frac{4 \cdot \psi_0}{\Delta T} + C_0, \quad k_1 = \frac{6 \cdot \psi_0}{\Delta T^2} + \frac{4 \cdot C_0}{\Delta T} + C_1,$

$$k_2 = \frac{3 \cdot C_0}{\Delta T^2} + \frac{2 \cdot C_1}{\Delta T}, \quad k_3 = \frac{C_1}{\Delta T^2}, \quad k_\theta = -\frac{6}{\Delta T^2}, \quad k_\psi = -\frac{4}{\Delta T},$$

$$C_0 = \frac{6 \cdot (\hat{\theta} - \theta_0)}{T^2} - \frac{2 \cdot (\hat{\psi} + 2 \cdot \psi_0)}{T}, \quad C_1 = \frac{6 \cdot (\psi_0 + \hat{\psi})}{T^2} - \frac{12 \cdot (\hat{\theta} - \theta_0)}{T^3},$$

$T_0$  — момент времени начала переходного процесса;

$T$  — терминальное время (продолжительность поворота лопасти от  $\theta_0$  до  $\hat{\theta}$ );

$\Delta T$  — жёсткость управления.

В начальном и конечном состоянии угловая скорость поворота лопасти равна нулю  $\psi_0 = \hat{\psi} = 0$ . Финитный закон управления (1) не требует задания точного начального положения лопастей. Закон (1) использует измеренные значения  $\theta_{\text{изм}}(t)$  и  $\psi_{\text{изм}}(t)$ .

В системе управления приводами постоянного тока ПИД-регуляторы формируют в качестве сигнала управления напряжение на обмотках двигателя:

$$u(t) = \begin{cases} k_p \cdot \left( \Delta\theta(t) + \frac{1}{T_i} \cdot \int_{T_0}^t \Delta\theta(\tau) d\tau + T_d \cdot \frac{d}{dt} \Delta\theta(t) \right) & \text{при } T_0 \leq t \leq T_0 + T, \\ 0, & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (2)$$

где:  $\Delta\theta(t) = \theta_{\text{зад}}(t) - \theta_{\text{изм}}(t)$ ;

$k_p$  — коэффициент усиления пропорциональной составляющей регулятора;

$T_i$  — постоянная интегрирования;

$T_d$  — постоянная дифференцирования.

Настройка ПИД-регулятора выполняется на основе математической модели переходных процессов поворота лопасти

путём минимизации целевой функции. В качестве целевой функции можно принять [2, с. 16]:

$$H_1(k_p, T_i, T_d) = \left( \frac{\hat{\theta} - \theta(T_0 + T)}{T} \right)^2 + (\hat{\psi} - \psi(T_0 + T))^2.$$

Функция (3) соответствует настройке регулятора по конечной фазовой точке  $(\hat{\theta}, \hat{\psi})$ . Применение ПИД-закона управления углом установки лопасти при разгоне или останове ВК приводит к существенному перерегулированию угловой скорости поворота лопасти или угла установки лопасти.

### **Заключение**

Финитное управление сервоприводами лопастей ВЭУ целесообразно при установке лопастей в разгонное или флюгерное положение.

Финитный закон управления может применяться в комбинации с ПИД-законом управления углом установки лопасти. Финитное управление может использоваться при разгоне или останове ВК, а ПИД-закон в разогнанном состоянии при достаточной скорости ветра.

### **Список литературы:**

1. Батенко А.П. Управление конечным состоянием движущихся объектов. — М.: Советское радио, 1977. — 256 с.
2. Капля Е.В. Система финитного управления приводами лопастей ветроэнергетической установки. // Автоматизация и современные технологии. — 2013. — № 5. — С. 13—18.
3. Johnson K.E. Adaptive torque control of variable speed wind turbines. // National Renewable Energy Laboratory / TP-500-36265 — August 2004. — 107 p.
4. Wright A.D., Fingersh L.J. Advanced control design for wind turbines. // National Renewable Energy Laboratory / TP-500-42437 — March 2008. — 148 p.

## ТЕРМОЯДЕРНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ — ТОКАМАК. КОНЦЕПЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ВОПРОС РЕАЛИЗАЦИИ

**Калимуллин Алик Талгатович**

аспирант, ассистент кафедры Электроснабжение  
промышленных предприятий, Энергетического факультета,  
Омского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [kat-190391@mail.ru](mailto:kat-190391@mail.ru)

**Христич Дмитрий Евгеньевич**

аспирант, ассистент кафедры Электроснабжение  
промышленных предприятий, Энергетического факультета,  
Омского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [dima598@mail.ru](mailto:dima598@mail.ru)

**Лесков Иван Алексеевич**

студент 4 курса, Энергетического факультета,  
Омского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [Leskov.ivan@mail.ru](mailto:Leskov.ivan@mail.ru)

**Темников Евгений Александрович**

студент 4 курса, Энергетического факультета,  
Омского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [evgentemnikov@mail.ru](mailto:evgentemnikov@mail.ru)

**Троценко Владислав Михайлович**

студент 4 курса, Энергетического факультета,  
Омского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [troch\\_93@mail.ru](mailto:troch_93@mail.ru)

**Агафонов Никита Константинович**  
студент 4 курса, Энергетического факультета,  
Омского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [overcome2014@mail.ru](mailto:overcome2014@mail.ru)

## **FUSION POWER PLANTS — A TOKAMAK. CONCEPT AND TECHNOLOGICAL IMPLEMENTATION ISSUES**

**Alik Kalimullin**  
post-graduate student, assistant of the department of power supply  
for industrial enterprises, Energy Department,  
Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk

**Dmitry Hristich**  
post-graduate student, assistant of the department of power supply  
for industrial enterprises, Energy Department,  
Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk

**Ivan Leskov**  
student 4th year, the Energy Department, Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk

**Evgeny Temnikov**  
student 4th year, the Energy Department, Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk

**Vladislav Trotsenko**  
student 4th year, the Energy Department, Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk

**Nikita Agafonov**  
student 4th year, the Energy Department, Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk

## АННОТАЦИЯ

Термоядерное топливо является одним из немногих будущих источников питания с большим потенциалом, оно экономически приемлемо, имеет привлекательный уровень безопасности и экологических характеристик. Обзор технологических требований для термоядерных электростанций и их экономическая безопасность, а также экологические особенности рассмотрены в этой статье. Концептуальные наброски прогнозируют, что термоядерные электростанции будут капиталоемкие. Стоимость электроэнергии из этих электростанций по оценкам будет сопоставима с другими источниками энергии. Кроме того, при правильном проектировании и при использовании перспективных материалов, можно будет добиться создания электростанции, которая будет намного экологичнее других.

## ABSTRACT

Fusion fuel is one of the few food sources of the future with great potential, it is economically acceptable, it has an attractive level of safety and environmental performance. Review of technological requirements for fusion power and economic security, as well as environmental features discussed in this article. Conceptual sketches predict that fusion power is capital intensive. The cost of electricity from these power plants is estimated to be comparable to other energy sources. Furthermore, with proper design and use of advanced materials, we can achieve a power which is much greener than others.

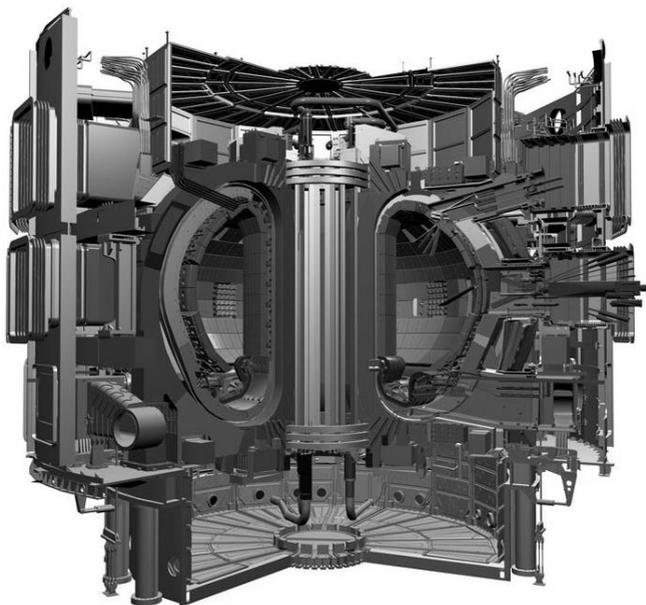
**Ключевые слова:** Токамак; плазма; термоядерный синтез; тритий; магнитное поле; неиндуктивный ток.

**Keywords:** Tokamak; plasma; nuclear fusion; tritium; magnetic field; non-inductive current.

Спрос на новые источники энергии, был прогнозируем в течение многих десятилетий и сокращающиеся ископаемые ресурсы лишь подталкивают людей к созданию новых, более мощных и экономически дешевых источников энергии. Между тем, экологические проблемы серьезно ограничили многие из ранее жизнеспособных электрических источников. Общество требует все более жесткие экологические нормы и правила. Сложность хранения, транспортировки радиоактивных отходов лишь малая часть проблем. Многие люди испытывают неприязнь к крупным электростанциям на их задних дворах. Кроме того, структура производства электроэнергии и передачи, как единственная область электрических коммунальных услуг, быстро меняется, и, как следствие, коммунальные услуги и независимые производители электроэнергии

не хотят взять на себя обязательство долгосрочного финансового механизма для новой технологии. Таким образом, наша энергия будущего омрачена технологической, экологической и политической неопределенностью.

Поиск практического применения термоядерной энергии продолжается во всем мире. Основное внимание существующих НИОКР направлено на изучение физики плазмы и создания инженерной «базы» для горения плазмы [5]. Строительство следующего большого экспериментального аппарата ИТЭР (рисунок 1) назначенного на конец 2020 года, с помощью которого можно будет исследовать условия возникновения термоядерной плазмы. Задача ИТЭР заключается в демонстрации возможности коммерческого использования термоядерного реактора и решении физических и технологических проблем, которые могут встретиться на этом пути [4]. В дополнение к оценке того, соответствует ли использование плазмы привлекательным вариантом для использования в термоядерной электростанции, эти исследования обнаружили потенциальные проблемы и определили критические области, которые должны получить приоритет в программах НИОКР.



*Рисунок 1. 3D-модель строящегося экспериментального реактора ИТЭР, Франция*

Существует две принципиальные схемы осуществления управляемого термоядерного синтеза:

1. Магнитный термоядерный синтез (МТС), при котором нагрев и удержание плазмы осуществляется магнитным полем. Данный вид термоядерных реакторов очень хорошо разработан и изучен [6].

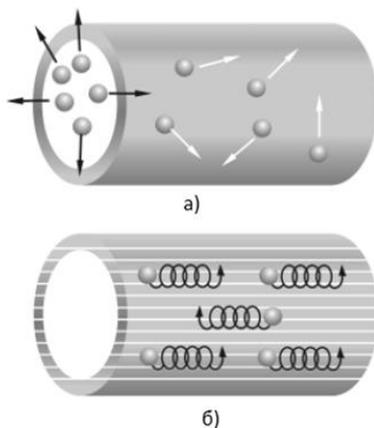
2. Инерционный термоядерный синтез (ИТС). В таких системах управляемый термоядерный синтез осуществляется путем кратковременного нагрева небольших мишеней, содержащих дейтерий и тритий, сверхмощными лазерными пучками или пучками высокоэнергичных частиц (ионов, электронов) [8].

В этой статье мы рассмотрим технологические требования и изучим экономическую безопасность и экологические особенности термоядерных электростанций.

### Электростанций на МТС.

Основная проблема термоядерного синтеза заключается в создании устройства, которое будет способно поддерживать невероятно высокую температуру, требующуюся для протекания процесса ( $\sim 100 \cdot 10^6 \text{ C}^\circ$ ) [1].

Удерживать разогретую до таких температур плазму, контролировать этот процесс, а также основных параметров плазмы в течение всего срока отжига — это проблема куда более сложная, чем запуск цепной реакции деления ядер урана.



**Рисунок 2. Принцип работы магнитной ловушки. а) движение заряженных частиц в отсутствии магнитного поля; б) движение заряженных частиц вдоль линий магнитного поля**

Подсказку к ее решению дало Солнце. Существует такое явление, как протуберанцы — струи раскаленной плазмы, которые вырываются из солнечной короны наружу и удерживаются некоторое время магнитным полем. Почему бы не создать на Земле аппарат по подобным характеристикам — в котором плазма оказалась бы заключенной в магнитную ловушку? Так появилась идея электростанции на МТС. В подобных устройствах используется эффект движения заряженных частиц, из которых состоит плазма, вдоль линий магнитного поля — по спирали, что позволяет избежать контакта высокотемпературной плазмы со стенками реактора [1].

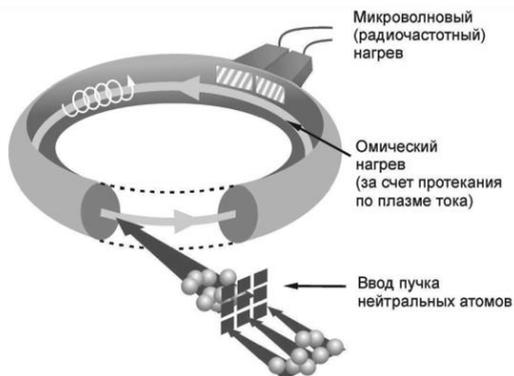
### **Создание плазмы и поддержание ее температуры.**

Плазма обычно создается за счет расщепления газа дейтерия, который заполняет плазменные камеры. Поскольку ток плазмы повышается до своего максимального значения, плазма нагревается омически. Однако, поскольку электрическое сопротивление плазмы значительно сокращается, а температура плазмы увеличивается, дополнительный нагрев плазмы необходимо доводить до температуры воспламенения (~ 10 кэВ) [7].

Один из самых распространенных методов дополнительного нагрева использует интенсивный нейтральный луч высокой энергии (нейтральный пучок), так как нейтральные частицы могут двигаться через магнитное поле незатронутыми и проникать в плазму. Частицы луча после этого ионизируются и поглощаются плазмой, как результат столкновения с плазмой и внесение своей энергии в ионы и электроны. Среднее расстояние, которое проходит нейтральный ион в плазме пока он не ионизируется, непосредственно зависит от его энергии, а также от плотности плазмы, температуры и объема. Для термоядерной плазмы, энергия луча от 100 до 200 кэВ является необходимой для перпендикулярной форсунки (перпендикулярно к окружности тороидальной плазмы) и от 500 до 3000 кэВ для тангенциальной форсунки (в направлении потока плазмы) [7]. В настоящее время в экспериментах по термоядерному синтезу обычно используют нейтральные форсунки лучей с десятками МВт мощности и длительностью импульса в несколько секунд.

Другой распространенный способ нагрева, это использование радиоволн. В принципе, энергия электромагнитной волны может быть преобразована в кинетическую энергию плазменных частиц через резонансное взаимодействие волны и частицы. Поскольку плазма состоит из заряженных частиц, различные виды волн существуют в намагниченной плазме. Все системы высокочастотного нагрева, по существу, аналогичны радиопередатчику. Они включают в себя

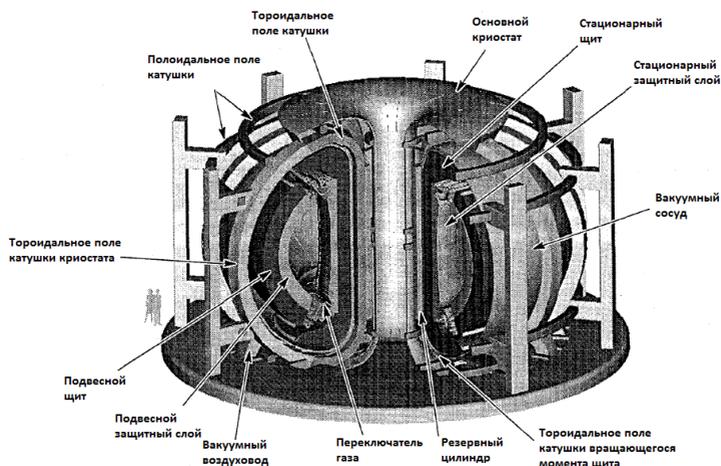
генератор, усилитель, передающую линию и систему запуска внутри или на границе плазмы со стенкой камеры. Пусковая установка должна быть защищена от повреждений нейтронами и заряженными частицами из плазмы.



**Рисунок 3. Способы нагрева плазмы**

#### Магнетизм в токамаках.

Использование токамака является самым продвинутым способом магнитного удержания. Концепция токамака ARIES-IV показана на рисунке 4.



**Рисунок 4. Концепция токамака ARIES-IV**

Токамак, по форме похожий на бублик, удерживающий магнитное поле — это результат объединения «тороидального поля» (длинный путь вокруг «бублика»), произведенный катушками за пределами плазмы, и «полоидального поля», которые получают, протекающий в плазме тороидальный ток. Такое сочетание приводит к образованию магнитной конфигурации, которая состоит из вложенных друг в друга поверхностей. Все линии поля завернуты в спирали и бесконечны вокруг одной из этих вложенных поверхностей. Тепло плазмы и частиц хорошо удерживаются в магнитной конфигурации, так как быстро текут вдоль силовых линий магнитного поля. Затем плазма медленно рассеивается по поверхности потока.

Глобальное время удержание энергии вводится следующим образом [2]:

$$\tau_E = \frac{\int 3/2(T_i + T_e) d^3x}{P}, \quad (1)$$

где  $P$  — вкладываемая мощность. Аналогично определяется и время удержание частиц. Удержание ограничено процессами диффузионного и конвективного переноса.

Важной мерой эффективности магнитного удержания плазмы ( $\beta$ ), является отношение давления плазмы к магнитному давлению с внешней стороны. Чем выше значение  $\beta$ , тем менее габаритными и более экономичными могут быть внешние магниты. Было проверено, как теоретически, так и экспериментально, что эллиптические или D-образные поперечные сечения плазмы могут привести к улучшению плазмы  $\beta$  [7]. Плазменные формирования, однако, требуют дополнительные катушки, имеющие все тороидальные токи, стратегически расположенные вокруг плазмы (в дополнение к катушкам тороидального поля).

Большинство гибридных концепций магнитных электростанций используют сверхпроводящие магниты, так как мощность, потребляемая нормально-проводящими магнитами будет намного больше. Обычно сверхпроводящие катушки расположены за щитом, чтобы свести к минимуму ущерб от радиации и ядерного нагревания. По сравнению с другими сверхпроводящими магнитами, доступными сегодня, литые магниты, как правило больше (несколько метров в диаметре), могут иметь не только круглое поперечное сечение (например, D-образные катушки тороидального поля), и имеют высокую накопленную магнитную энергию — десятки ГДж. В результате, в конструкции этих магнитов преобладает структура,

в которой встроена катушка для поддержания массивных электромагнитных сил. Максимальный пик поля, создаваемого литым магнитом с не круглым поперечным сечением, составляет  $\sim 9 \text{ Т}$  [7]. Следует отметить, что напряженность магнитного поля на оси плазмы в токамаке значительно ниже, чем пик области тороидального поля магнита из-за геометрических эффектов.

### **Неиндуктивный ток привода.**

Для стационарного режима, плазменный ток токамака должен быть устойчивым. Теоретические исследования показали, что в достаточно горячей плазме, радиальный градиент давления и динамика потока плазмы на поверхности потока объединяются, чтобы произвести самостоятельно управляемый ток или нагрузку. Основные эксперименты токамака показали, что 80% тока плазмы приводится от нагрузочного воздействия [3]. Равновесие плазмы в токамаке до сих пор не найдено. Разница между плазмой и нагрузочными токами должна быть по-прежнему вызвана какими-то другими средствами.

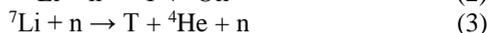
И нейтральный пучок и РЧ-волны нагрева могут быть использованы для приведения в действие ток плазмы. Например, можно запустить РЧ волны, так чтобы большая часть энергии волн ускоряла электроны параллельно силовой линии и генерировала тороидальный ток. Эффективность неиндуктивных токов привода, однако, является низкой и наиболее устойчивое состояние токамака достигается в конструкции, в которой увеличивают ток нагрузки, сокращая при этом необходимую мощность электропривода до приемлемого уровня ( $\sim 100 \text{ МВт}$  мощность электропривода в  $1000 \text{ МВт}$  мощности станции).

Вырывание частиц и воспроизводимая ядерная реакция.

Тепло и частицы от основной плазмы выбрасываются наружу в краевой плазме, а затем быстро текут вдоль силовых линий к материалу стен. В большинстве современных токамаках плазма формируется напряжением в катушке. Направление потока на поверхности токамака внутри сепаратриссы сохраняется. Однако магнитные линии вне сепаратриссы направлены от межсекционных переключающихся положительно заряженных пластин. Плазма, пересекая эти пластины, нейтрализуется путём процесса рекомбинации. Некоторые из нейтральных атомов ионизируются и направляются обратно к пластине и перерабатываются в области дивертора. Часть нейтральных атомов откачиваются для удаления продуктов синтеза ( $\alpha$ -частицы). Очевидно, что очень высокие потоки тепла появляются на пересечении сепаратриссы с пластиной дивертора [3].

Для продолжения ядерной реакции, плазму необходимо повторно пополнить D и T атомами. Где D — дейтрон, ядро тяжелого изотопа водорода (дейтерия) с одним нейтроном в ядре, а T — тритон, ядро сверхтяжелого трития, с одним нейтроном. В большинстве случаев, заправка выполняется при помощи топливного газа на краю плазмы. Этот метод заправки недостаточно эффективен на электростанции, потому что большая часть топлива не достигает ядра плазмы. Для решения проблемы разработан альтернативный метод, который в настоящее время используется в крупных токамаках. Суть метода заключается в использовании высокоскоростных гранул замороженного топлива. Типичная гранула составляет несколько миллиметров в диаметре, и в газовой пушке ускоряется до скорости ~ 2 км / с под высоким давлением.

Основные реакции, ведущие к производству трития:



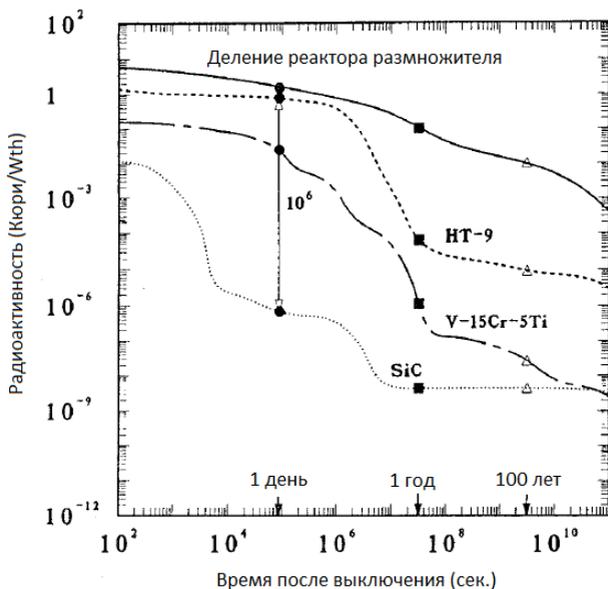
Первая реакция приводит к производству энергии (4,8 МэВ в реакции). Вторая — потребляет энергию (2,87 МэВ), но это приводит к образованию второго нейтрона, который может впоследствии реагировать с  ${}^6\text{Li}$ . Естественные распространенности этих изотопов лития являются 7,4 %  ${}^6\text{Li}$  и 92,6 %  ${}^7\text{Li}$  [7].

Следует отметить, что в DT топливе большинство из нейтронов, полученных из DT реакции поглощаются Li в зоне воспроизводства и только небольшая часть поглощается в конструкционных материалах или охлаждающей жидкости, что снижает активность компонентов.

Выбор конструкционных материалов основан на их способности работать при высоких температурах, выдерживать излучения и пропускать минимальное количество радиоактивности, вызванной синтезом нейтронов. Устойчивость к радиационным повреждениям является наиболее важным критерием, поскольку она имеет наибольшее влияние на износ конструкции и производительность. В 1970-х, основная масса исследований по конструкционным материалам была сосредоточена на нержавеющей стали из-за ее широкого применения в промышленности. В 1980-х, исследование переключилось на конструкционные материалы низкой активации. В первую очередь, это связано с экологией, так как после остановки такого производства, его отходы не потребуют геологического захоронения. Основные материалы данной категории — ферритные стали низкой активации (их активация снижается путем замены

некоторых легирующих элементов), ванадиевые сплавы. Также рассматриваются керамические композиты, такие как карбид кремния — SiC.

Материалы, армированные волокном SiC получили значительное развитие. Кроме того, распад остаточного тепла в компоненте из материала с низким коэффициентом активации значительно ниже чем в реакторе деления, что показано на рисунке 5 [7]. Керамические композиционные материалы наиболее интересны, так как в течении дня после завершения работы уровень наведенной радиоактивности в них на шесть порядков ниже, чем в металлических структурах.



**Рисунок 5. Нормированные запасы радиоактивности в конструктивных материалах после выключения реактора**

Из-за радиационного повреждения, время жизни первой стенки и покрытия электростанции ДТ ограничено, и периодически они подлежат замене (приемлемым считается интервал: раз в 3—6 лет).

К вопросу о радиационной безопасности и экологичности подобных электростанций. Недавняя авария, произошедшая на АЭС Фукусима-1 заставило людей и ученых переосмыслить значения безопасности атомных электростанций, основанных на цепной реакции деления урана. Хоть и термоядерный синтез дает больше

энергии по сравнению с цепной реакцией деления, но не произойдет ли подобная авария к примеру, на ИТЕРе? И чем же лучше и безопаснее термоядерный синтез (ТС)? Приведем ряд фактов в пользу ТС [1]:

Во-первых, плотность плазмы в миллионы раз ниже плотности атмосферы, вследствие чего рабочая среда реактора никогда не будет содержать в себе энергию, достаточную для развития серьезной аварии: при любой неполадке плазма потухнет. Также, благодаря этому фактору, становится невозможным термоядерный взрыв.

Во-вторых, в процессе работы термоядерного реактора не образуются делящиеся материалы, из которых можно изготовить ядерное оружие (уран, плутоний).

В-третьих, не происходит образования долгоживущих радиоактивных отходов. Это выгодно отличает термоядерный реактор от обычного, отходы которого нуждаются в контролируемом хранении в течение длительного времени. Некоторое количество радиоактивных веществ все же будет образовываться — из-за мощных нейтронных потоков, которые активируют материалы конструкций. Но их можно подобрать таким образом, чтобы образующиеся радиоактивные вещества быстро распадались. Кроме того, переход с дейтерий-тритиевого топлива на смесь дейтерия и гелия-3, при слиянии которых не выделяются нейтроны, позволит снять эту проблему.

#### ***Заключение и выводы.***

Термоядерное топливо по сути — один из немногих источников энергии будущего, имеющий большой потенциал, чтобы достичь и экономической выгоды и заманчивых характеристик безопасности и экологичности. Кроме того, запас топлива неисчерпаем и легко доступен. В будущем может стать важным звеном в энергобалансе, что позволит избежать отрицательного влияния на окружающую среду и политических трудностей, связанных с ископаемым топливом. Стоимость электроэнергии от подобных станций, по оценкам может быть сопоставима с другими источниками энергии. Кроме того, реализация проекта позволит увеличить безопасность (по отношению к последствиям аварий, удалению отходов, и загрязнением воздуха, и т. д.) за счет низкой активации материалов и ухода за конструкцией.

Однако, все эти преимущества слияния не будут достигнуты сами собой, необходим значительный вклад науки и развитие технология для их реализации.

### Список литературы:

1. Акатов А. Будущее ядерной энергетики. Термоядерные реакторы / А.А. Акатов, Ю.С. Коряковский // АНО «Информационный центр атомной отрасли». — 2012. — С. 7—9.
2. Сергеев В. Курс лекций: Физико-технические основы токамака-реактора ИТЭР / В.Ю. Сергеев // Физико-технический факультет СПбГПУ. — С. 3—4
3. Abdou M.A., Waganer L. Prometheus Designs for Laser-driven and Heavy-ION-Beam Driven Fusion Reactors / Fusion Technology, 1992 New York: Elsevier Science 1653—1657.
4. ITER: the world's largest Tokamak // [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.iter.org/mach> (дата обращения: 05.10.2015).
5. Meade D. The Road to Sustainable Fusion Power. 1996.
6. Najmabadi F., Conn R.W., et al. The ARIES-II and ARIES-IV Second Stability Tokamak Reactor Studies-Final Report / University of California Los Angeles report UCLA-PPG-1461; also, Najmabadi F., Conn R.W., et al. // Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research 1992, Vienna: International Atomic Energy Agency, p. 259.
7. Najmabadi F. Fusion power plants — goals and technological challenges / F. Najmabadi // Dept. of Electrical & Computer Eng. And Fusion Energy Research Program, University of California, San Diego. — 1996. — С. 2220—2225
8. Seki Y. et al. Concept Study of the Steady-State Tokamak Reactor (SSTR) / Japan Atomic Energy Res. Inst. report JAERI-M 91-081.

## **ВОПРОСЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

***Лютаревич Александр Геннадьевич***

*канд. техн. наук, доцент  
Омского государственного технического университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [l.alexander@inbox.ru](mailto:l.alexander@inbox.ru)*

***Панкрац Татьяна Владимировна***

*магистрант группы ЭЭМ-153,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [Veimertysya@mail.ru](mailto:Veimertysya@mail.ru)*

***Бодимер Виктория Андреевна***

*магистрант группы ЭЭМ-153,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [bodi.vik@gmail.com](mailto:bodi.vik@gmail.com)*

***Юркова Ирина Сергеевна***

*магистрант группы ЭЭМ-154,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

## QUESTIONS FORECASTING QUALITY OF THE ELECTRIC POWER

**Alexander Lyutarevich**

*candidate of Technical Sciences, assistant professor  
Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk*

**Tatiana Pankrats**

*undergraduate of EEm-153 group, Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk*

**Victoria Bodimer**

*undergraduate of EEm-153 group, Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk*

**Irina Yurkova**

*undergraduate of EEm-154 group, Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk*

### АННОТАЦИЯ

Прогнозирование качества электрической энергии является важной научно-технической задачей.

Для более точного прогнозирования качества электрической энергии необходимо разрабатывать прогнозные модели, основанные на зависимостях изменения качества электрической энергии предприятия в реальных условиях эксплуатации.

По полученным исследованиям видно, что для краткосрочного прогноза более подходящей является радиально-базисная функция

Результаты работы можно использовать для прогнозирования качества электроэнергии в точке общего присоединения.

### ABSTRACT

Forecasting of quality of electric energy is an important scientific and technical task.

It is necessary to develop the expected models based on dependences of change of quality of electric energy of the enterprise in actual practice of operation for more exact forecasting of quality of electric energy.

According to schedules it is visible that for the short-term forecast radial and basic function is more suitable.

Results of work can be used for forecasting of quality of the electric power in a point of the general accession.

**Ключевые слова:** прогнозирование; точность; качество.

**Keywords:** forecasting; accuracy; quality.

Прогнозирование качества электрической энергии в точках общего присоединения является важной научно-технической задачей [4].

Необходимость точного прогнозирования обусловлена технологическими и экономическими причинами. В настоящее время прогнозирование качества электрической энергии в точках общего присоединения производится на основе метода экспертных оценок, который в большинстве случаев не может обеспечить требуемую точность прогноза.

Для более точного прогнозирования качества электрической энергии необходимо разрабатывать прогнозные модели, основанные на зависимостях изменения качества электрической энергии предприятия в реальных условиях эксплуатации.

График изменения показателя качества электрической энергии в точке общего присоединения, либо на зажимах электроприемников является временным рядом, так как представляет собой ряд мгновенных значений в различные моменты времени.

В настоящее время наиболее распространенными методами прогнозирования являются [2; 5]:

- метод прогнозной экстраполяции;
- корреляционный и регрессионный анализы;
- метод прогнозирования на базе ARIMA моделей;
- адаптивные методы прогнозирования;
- прогнозирование с использованием искусственных нейронных сетей.

Достоинства и недостатки каждого из указанных методов прогнозирования рассмотрены в различных работах [2; 3], все они в той или иной степени отвечают требованиям, предъявляемым к методам прогнозирования качества электроэнергии. Однако, в качестве оптимального метода прогнозирования качества электрической энергии возьмем метод прогнозирования с использованием искусственных нейронных сетей.

Искусственные нейронные сети находят свое применение в различных областях науки и техники, таких как моделирование, анализ временных рядов, обработка сигналов и управление благодаря своей способности обучаться.

Все искусственные нейронные сети являются совокупностью двух типов элементов — нейронов и связей между ними. Нейроны представляют собой простые обрабатывающие элементы, вычислительные возможности которых ограничиваются правилами комбинирования входных сигналов. Выходной сигнал элемента посылается другим элементам по взвешенным связям, с каждой из которых связан весовой коэффициент [3].

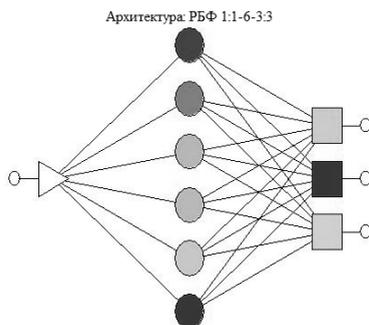
На сегодняшний день известны и широко применяются для решения определенных задач несколько типов искусственных нейронных сетей: многослойный персептрон, сети на основе радиальных базисных функций, карты самоорганизации, рекуррентные нейронные сети.

Построение искусственной нейронной сети состоит из следующих этапов.

1. Выбор конфигурации сети.
2. Проведение ряда экспериментов с различными конфигурациями сети, запоминая при этом «лучшую». Для каждой конфигурации следует провести несколько экспериментов [1].

Многочисленное повторение экспериментов довольно утомительно, поэтому рекомендуется использовать специализированные программные комплексы [6].

В качестве примера произведем построение модели искусственной нейронной сети для прогнозирования коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения. За основу были взяты данные об изменении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения бытовых потребителей электроэнергии в течение суток (24 часа) и нормальный закон распределения. Изменения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения спрогнозировано на 24 часа.



**Рисунок 1. Архитектура радиально-базисной функции (опыт 1)**

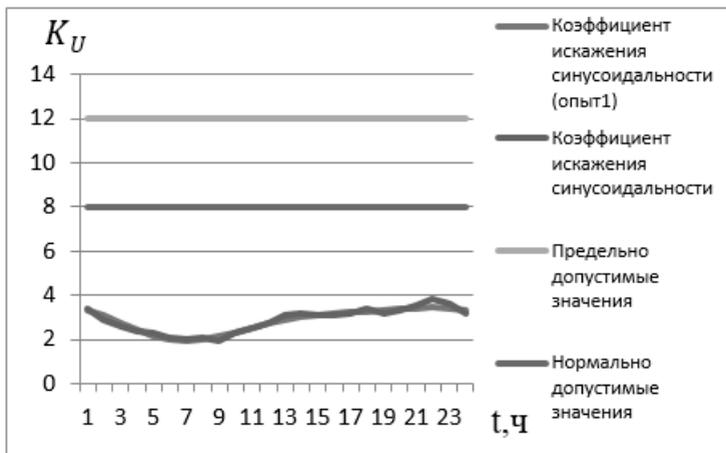


Рисунок 2. График изменения коэффициента искажения синусоидальности (опыт 1)

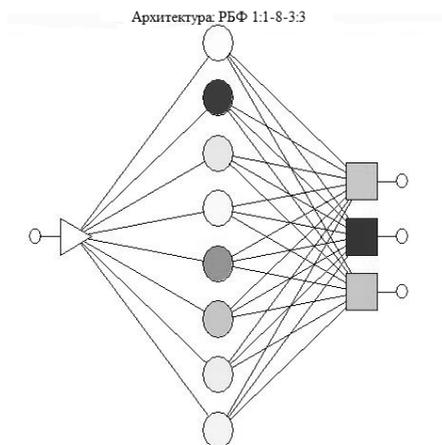


Рисунок 3. Архитектура радиально-базисной функции (опыт 2)

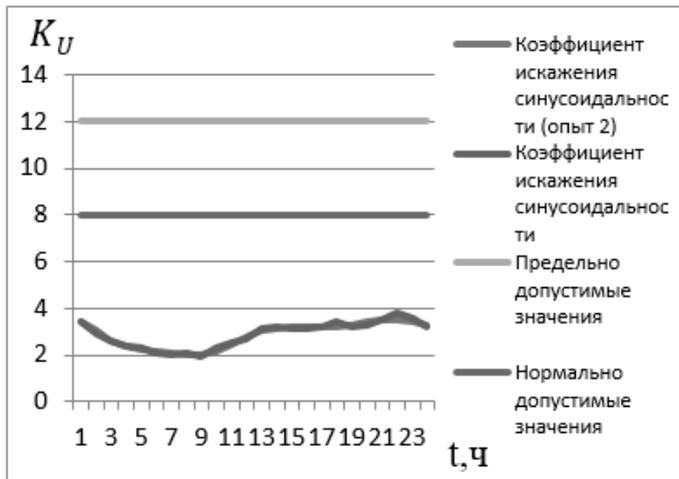


Рисунок 4. График изменения коэффициента искажения синусоидальности (опыт 2)

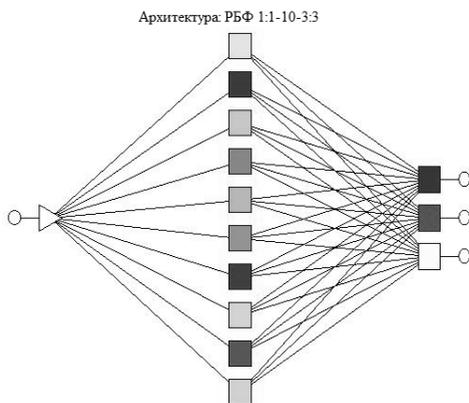


Рисунок 5. Архитектура радиально-базисной функции (опыт 3)

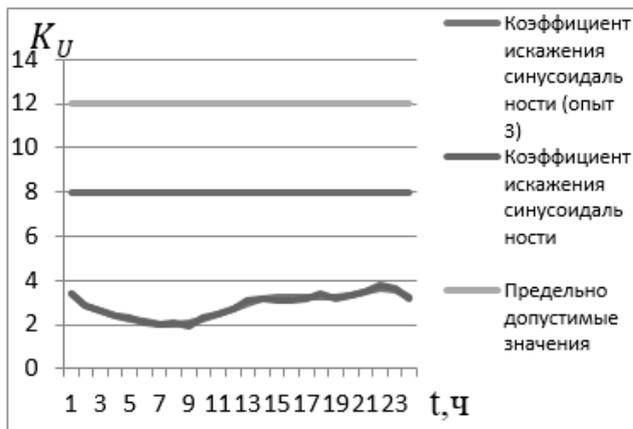


Рисунок 6. График изменения коэффициента искажения синусоидальности (опыт 3)

Архитектура: МП 3:3-12-2-1:1

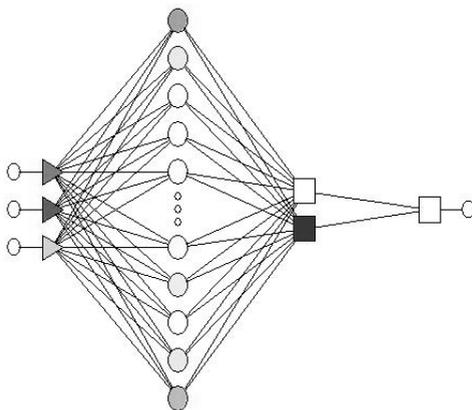
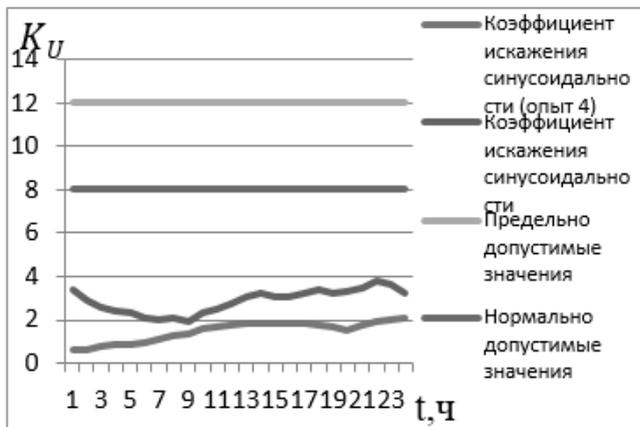


Рисунок 7. Архитектура многослойного перцептрона (опыт 4)



**Рисунок 8. График изменения коэффициента искажения синусоидальности (опыт 4)**

По графикам видно, что для краткосрочного прогноза более подходящей является радиально-базисная функция, т. к. она анализирует размах входящих значений, среднее отклонение, плотность распределения и выстраивает прогноз с ошибкой 6—7 % от исходных данных. В свою очередь многослойный персептрон, показывает ошибку в районе 10—15 %, из-за того, что ему требуется гораздо большее количество данных, анализируя которые с помощью закона распределения, персептрон выстроит прогнозную модель.

Таким образом, результаты работы можно использовать для прогнозирования качества электроэнергии в точке общего присоединения, что, в последствие, позволит развить теоретическую базу исследований вопросов, связанных с обеспечением потребителей электроэнергией в необходимом количестве и требуемого качества.

### Список литературы:

1. Боровиков В.П. Нейронные сети. StatisticaNeuralNetworks. Методология и технологии современного анализа данных. 2-е издание. Учебник. — М.: Горячая Линия — Телеком, 2008. — 392 с.
2. Воронов И.В. Обзор типов искусственных нейронных сетей и методов их обучения / И.В. Воронов, Е.А. Политов, В.М. Ефременко // Вестник КузГТУ. — 2007. — № 3. — С. 38—42.
3. Круг П.Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры: учеб. пособие. — М.: Издательство МЭИ, 2002. — 176 с.

4. Лютаревич А.Г. Оценка дополнительных потерь мощности от снижения качества электрической энергии в элементах систем электроснабжения / А.Г. Лютаревич, С.Ю. Долингер, В.Н. Горюнов, Д.Г. Сафонов, В.Т. Черемисин // Омский научный вестник. — 2013. — № 2 (120). — С. 178—183.
5. Медведев В.С. Нейронные сети / В.С. Медведев, В.Г. Потемкин. — М.: Диалог–МИФИ, 2002. — 496 с.
6. Халафян А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник. — М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. — 512 с.

## **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

***Лютаревич Александр Геннадьевич***

*канд. техн. наук, доцент  
Омского государственного технического университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [l.alexander@inbox.ru](mailto:l.alexander@inbox.ru)*

***Панкрац Татьяна Владимировна***

*магистрант группы ЭЭМ-153,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [Veimertysya@mail.ru](mailto:Veimertysya@mail.ru)*

***Бодимер Виктория Андреевна***

*магистрант группы ЭЭМ-153,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [bodi.vik@gmail.com](mailto:bodi.vik@gmail.com)*

***Юркова Ирина Сергеевна***

*магистрант группы ЭЭМ-154,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

***Великий Иван Владиславович***

*аспирант, Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

## STATISTICAL ASSESSMENT QUALITY OF ELECTRIC ENERGY

**Alexander Lyutarevich**

*candidate of Technical Sciences, assistant professor  
Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk*

**Tatiana Pankrats**

*undergraduate of EEm-153 group, Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk*

**Victoria Bodimer**

*undergraduate of EEm-153 group, Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk*

**Irina Yurkova**

*undergraduate of EEm-154 group, Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk*

**Ivan Velikiï**

*graduate student, Omsk state technical university,  
Russia, Omsk*

### АННОТАЦИЯ

Статистика о производстве и потреблении энергетических ресурсов является основополагающей для принятия взвешенных решений в области энергетики. В результате анализа получены выводы о том, что у всех групп электроприёмников закон распределения близок к нормальному, а построенные диаграммы размахов дают возможность использовать их для визуальной оценки разницы между результатами экспериментов по каждой из исследуемых групп потребителей электрической энергии.

Результаты работы можно использовать для выявления закономерностей между характером нагрузок и качеством электрической энергии, а также его прогнозирования.

### ABSTRACT

The statistics about production and consumption of energy resources is fundamental for adoption of the weighed strategic decisions in the field of powerengineering. As a result of the analysis of pilot studies it is possible

to draw a conclusion that at all groups of electroreceivers the law of distribution is close to normal, and the constructed charts of scopes give the chance to use them for a visual assessment of the difference between results of experiments on each of the studied groups of consumers of electric energy.

Thus, the results of work can be used for detection of regularities between character of loadings and quality of electric energy, as well as its forecasting.

**Ключевые слова:** мониторинг; статистика; решения; качество; обеспечение.

**Keywords:** monitoring; statistig; decisions; quality; provision.

Корректная статистическая информация об основных параметрах электроэнергетики необходима не только для мониторинга энергетической ситуации, но и для оценки вклада в качество электроэнергетики при подключении новых потребителей в точках общего присоединения. Статистические данные о показателях качества электроэнергии — являются основополагающими для принятия взвешенных решений в области энергетики. Поэтому важной задачей является статистическая оценка качества электроэнергии в точках общего присоединения и непосредственно на зажимах электроприемников.

Статистическую оценку качества электрической энергии будем проводить по группам потребителей на основе данных, полученных Испытательной лабораторией по качеству электроэнергии Омского государственного технического университета.

### **Бытовые потребители (условно назовем их потребителями 1 группы)**

Многоквартирные дома, а также объекты индивидуального жилищного строительства насыщены большим количеством различных электроприёмников, которые условно можно разделить на две группы: электроприемники жилых помещений и электроприемники общедомовых нужд.

К электроприёмникам жилых помещений можно отнести осветительные приборы и бытовые электроприемники, функциональное назначение которых предполагает использование электроэнергии, для личных и домашних нужд.

Электрическое освещение жилых помещений осуществляется с помощью светильников общего и местного освещения с исполь-

зование, как правило люминесцентных и светодиодных источников света (реже ламп накаливания).

Бытовые электроприемники по назначению разделяются на электротермию, холодильные установки и камеры, хозяйственные электроприемники, а также культурно-бытовые и санитарно-гигиенические.

К электроприёмникам общедомовых нужд в большинстве случаев относятся силовые электроустановки и система искусственного освещения.

Система искусственного освещения общедомовых нужд осуществляется, как правило, с помощью светильников с люминесцентными лампами и лампами накаливания (реже светодиодными светильниками).

К силовым электроустановкам общедомовых нужд относятся лифты, электродвигатели насосов и системы вентиляции и др. [3].

### **Бюджетные организации и учреждения (условно назовем их потребителями 2 группы)**

К бюджетным организациям и учреждениям относятся: дошкольные учреждения, учебные заведения, муниципальные учреждения управления и медицины, кроме того, к потребителям данной группы можно отнести гостиницы, проектные и конструкторские организации, учреждения культуры и искусства, спортивные комплексы и др.

Все электроприемники потребителей второй группы можно разделить на две группы: силовые электроприемники и система искусственного освещения.

В основных помещениях бюджетных организаций и учреждений используются, как правило, светодиодные светильники и светильники с люминесцентными лампами.

К силовым электроприемникам потребителей второй группы относятся механическое оборудование, электротермия, холодильные машины, оборудование подъемно-транспортного назначения, санитарно-технические установки, системы приточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования воздуха и другие виды различного технологического оборудования [3].

### **Промышленные предприятия (условно назовем их потребителями 3 группы)**

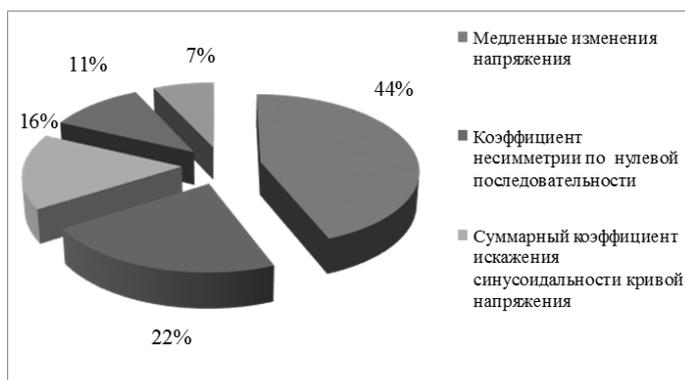
Электрическая нагрузка потребителей третьей группы зависит от вида производства, режима рабочего дня и числа смен. К электроприёмникам промышленных силовых установок предприятий относятся электродвигатели технологических линий и установок,

системы вентиляции и кондиционирования воздуха компрессорных станций, электроприводы подъёмно-транспортных установок и другие. К электроустановкам вспомогательных нужд можно отнести противопожарные системы, системы видеонаблюдения и сигнализации и т. п. Система освещения потребителей третьей группы, как правило, включает в себя светильники с натриевыми, светодиодными источниками и люминесцентными лампами [3].

В результате анализа полученных Испытательной лабораторией по качеству электроэнергии ОмГТУ экспериментальных данных для исследования качества электрической энергии можно сделать вывод о том, что наиболее часто нарушаемыми ПКЭ являются (рисунок 1):

- медленные изменения напряжения;
- коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения.

Именно эти показатели выбираем для дальнейшего исследования.



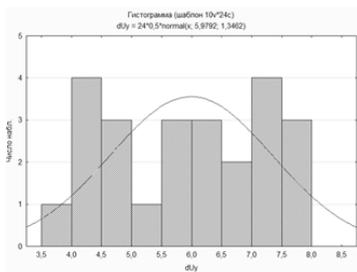
**Рисунок 1. Процентное соотношение нарушаемых ПКЭ**

Изменения конфигурации сети, мощности нагрузки во времени являются причиной изменения ПКЭ. Таким образом, параметры качества электроэнергии — величины случайные и их обработка должны базироваться на вероятностно-статистических методах. Допустимые значения показателей качества электроэнергии, а также методы контроля определяются требованиями действующих стандартов [1—2].

Наиболее полную характеристику случайных величин дают законы их распределения, позволяющие находить вероятности появления тех или иных значений ПКЭ.

Опыт эксплуатации показывает наличие суточных, недельных и более длительных циклов изменения отклонений напряжения во времени. Статистические данные подтверждают, что наиболее точно закон распределения отклонений напряжения в электрических сетях может быть описан с помощью нормального закона распределения, которым и пользуются в практике контроля КЭ [4—7].

Ниже на рисунках представлены законы распределения и диаграммы размаха для отдельных групп потребителей по отдельным параметрам качества электроэнергии (представлена часть результатов исследования).



Закон распределения

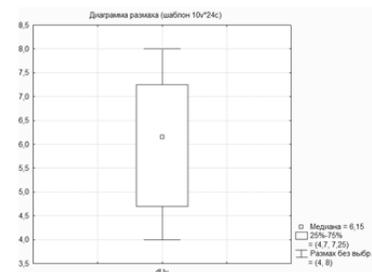
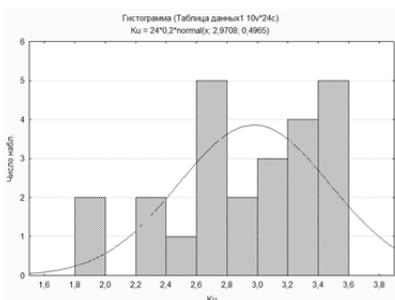


Диаграмма размаха

**Рисунок 2. Отклонение напряжения для потребителей 1 группы**



Закон распределения

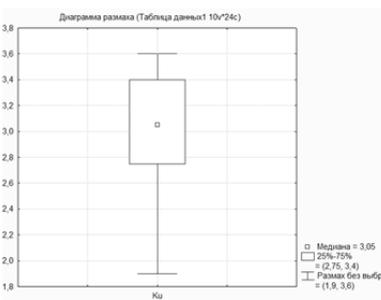
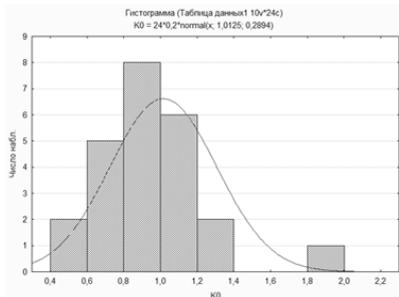


Диаграмма размаха

**Рисунок 3. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения для потребителей 1 группы**



Закон распределения

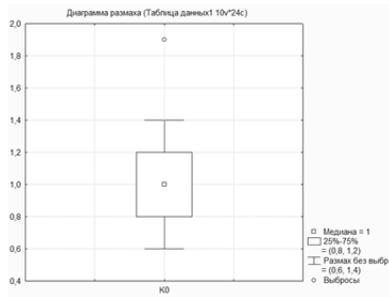
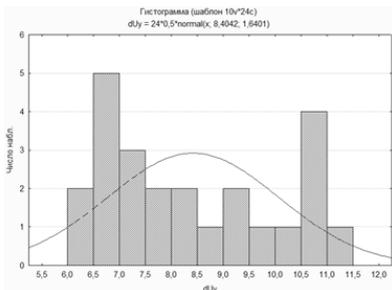


Диаграмма размаха

**Рисунок 4. Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности для потребителей 1 группы**



Закон распределения

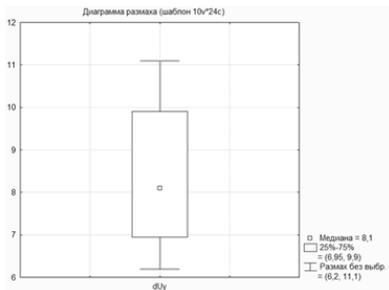
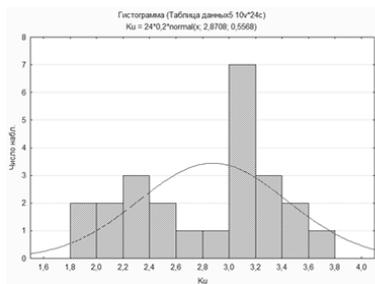


Диаграмма размаха

**Рисунок 5. Отклонение напряжения для потребителей 2 группы**



Закон распределения

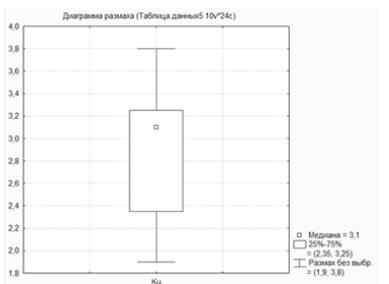
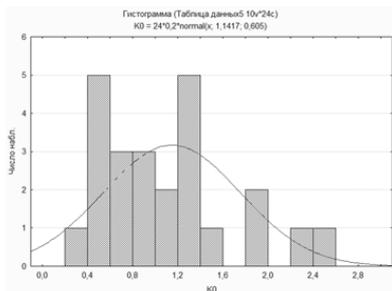


Диаграмма размаха

**Рисунок 6. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения для потребителей 2 группы**



Закон распределения

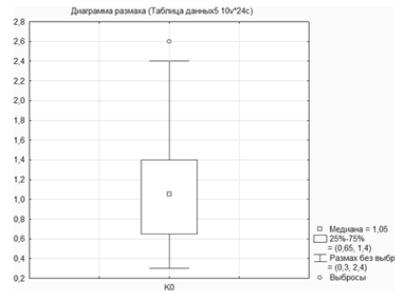
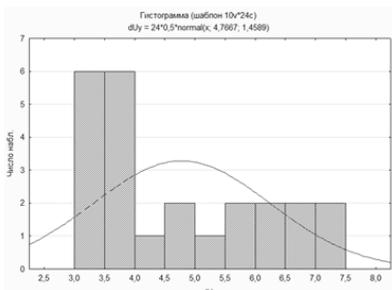


Диаграмма размаха

**Рисунок 7. Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности для потребителей 2 группы**



Закон распределения

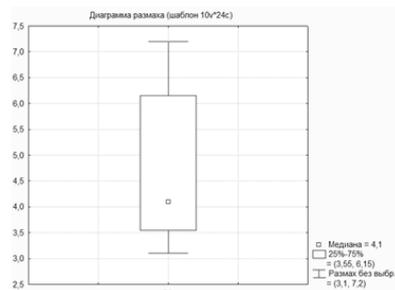
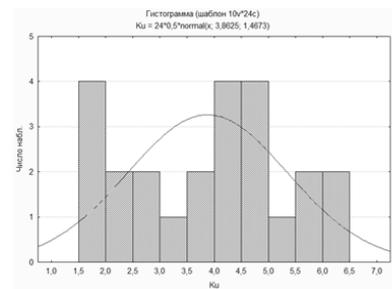


Диаграмма размаха

**Рисунок 8. Отклонение напряжения для потребителей 3 группы**



Закон распределения

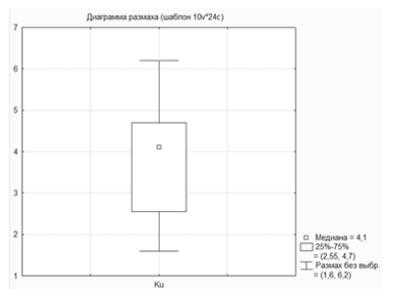
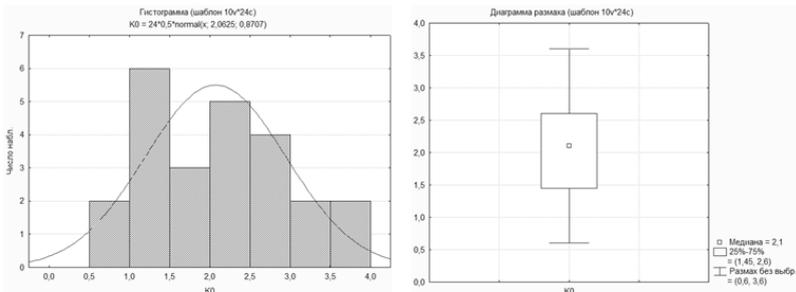


Диаграмма размаха

**Рисунок 9. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения для потребителей 3 группы**



Закон распределения

Диаграмма размаха

**Рисунок 10. Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности для потребителей 3 группы**

Размах для каждой группы электроприёмников колеблется в пределах указанных в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Пределы размаха исследуемых параметров электроэнергии**

		Бюджетные	Бытовые	Промышленные
$\delta U$	min	3,6	3,9	4,5
	max	3,5	7,4	9,0
$K_U$	min	1,4	2,1	1,8
	max	3,1	3,8	3,3
$K_0$	min	1,4	1,0	0,4
	max	4,5	2,5	1,6

В результате анализа экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что у всех трёх групп электроприёмников закон распределения близок к нормальному, а построенные диаграммы размахов дают возможность использовать их для визуальной оценки разницы между результатами экспериментов по каждой из исследуемых групп потребителей электрической энергии. Визуально анализируя диаграммы размаха, можно получить представление об изменчивости переменной.

Таким образом, результаты работы можно использовать для выявления закономерностей между характером нагрузок и качеством электрической энергии, а также его прогнозирования. Что, в последствие, позволит развить теоретическую базу исследований вопросов,

связанных с обеспечением потребителей электроэнергией в необходимом количестве и требуемого качества.

### Список литературы:

1. ГОСТ 32144–2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». — М.: Стандартинформ, 2014. — 16 с.
2. ГОСТ 32145–2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». — М.: Стандартинформ, 2014. — 28 с.
3. Грунин В.К. Основы электроснабжения городов: учеб. пособие / В.К. Грунин, В.А. Ощепков, Д.С. Осипов, А.Г. Лютаревич, Д.Г. Сафонов, Е.В. Петрова, под общ. ред. В.К. Грунина. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. — 141 с.
4. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 168 с.
5. Карташев И.И. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др. — М.: Издательский дом МЭИ, 2006, — 320 с.
6. Лютаревич А.Г. Влияние отклонения напряжения на потери мощности в электрооборудовании электрических сетей и потребителей / А.Г. Лютаревич, Д.Г. Сафонов, С.Ю. Долингер, С.В. Бирюков // Омский научный вестник. — 2013. — № 2 (120). — С. 203—206.
7. Лютаревич А.Г. Оценка дополнительных потерь мощности от снижения качества электрической энергии в элементах систем электроснабжения / А.Г. Лютаревич, С.Ю. Долингер, В.Н. Горюнов, Д.Г. Сафонов, В.Т. Черемисин // Омский научный вестник. — 2013. — № 2 (120). — С. 178—183.

## СЕКЦИЯ 4.

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

#### ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Черноусов Павел Иванович**

*канд. техн. наук, доцент, Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС»,  
РФ, г. Москва  
E-mail: [p.chernou@yandex.ru](mailto:p.chernou@yandex.ru)*

**Саядова Юлия Борисовна**

*студент, Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС»,  
РФ, г. Москва  
E-mail: [shadowdomenika@rambler.ru](mailto:shadowdomenika@rambler.ru)*

#### BACKGROUND OF FORECASTING EXTRACTING SECONDARY MATERIALS USING MATHEMATICAL MODELLING

**Pavel Chernousov**

*candidate of Technical Sciences, assistant professor,  
National University of Science and Technology MISiS,  
Russia, Moscow*

**Julia Sayadova**

*student, National University of Science and Technology MISiS,  
Russia, Moscow*

## АННОТАЦИЯ

Использование вторичного сырья позволяет грамотно и экономно расходовать невозполнимые ресурсы страны и повышать производительность металлургической отрасли. Наиболее прогрессивным методом подсчета вторичных и техногенных ресурсов является математическое моделирование с использованием ЭВМ. Принимая во внимание опыт передовых индустриальных стран, становится возможным грамотно подобрать методологию расчета, с учетом дизайна продукции для обеспечения максимального извлечения ресурсов с целью их дальнейшей переработки.

## ABSTRACT

The use of recycled materials allows competently and economically finish of irreplaceable resources of the country and improve the performance of the steel industry. The most progressive method of calculation of the secondary and technological resources is the mathematical modeling using computers. Using the experience of the advanced industrial countries can choose wisely calculation methodology, inclusive the design of products to ensure maximum recovery of resources for further processing.

**Ключевые слова:** рециклинг; вторичное сырье; моделирование; дизайн продукции.

**Keywords:** recycling; secondary materials; modelling; design of products.

Жизненный цикл изделий представляет собой последовательность этапов, начиная от производства нового продукта и вплоть до его утилизации по окончании срока использования. В число этих этапов входит проектирование, технологическая подготовка производства, собственно само производство, послепродажное обслуживание и эксплуатация продукции и, как заключительный этап, утилизации.

На каждой стадии жизненного цикла изделие имеет свою определенную целевую направленность. При этом участники жизненного цикла стремятся достичь поставленных целей с максимальной эффективностью [2]. На этапах проектирования, технологической подготовки производства и непосредственно самого производства нужно обеспечить выполнение требований, которые предъявляются к производимому продукту, учитывая ожидаемую степень надежности изделия. Кроме того, не маловажным требованием, предъявляемым к процессу производства является сведение к минимуму материальных затрат и ресурсов времени, что незамедлительно приводит к завоеванию авторитета у потребителей

продукции и одновременно обеспечивает конкурентоспособность в условиях рыночной экономики. Данные мероприятия находят отражение не только в снижении себестоимости продукции и сокращении сроков проектирования и производства, но и в обеспечении удобства освоения и снижения затрат на будущую эксплуатацию изделий.

Первопричиной появления самого термина «жизненный цикл изделия» и сути, которую он в себе заключает, считается разработка информационных CALS — технологий, являющихся подспорьем процесса проектирования и изготовления изделий. Сейчас все чаще встречается термин PLM (Products Lifecycle Management) — автоматизированная глобальная система, которая охватывает уже весь жизненный цикл изделия.

Эффективность использования ресурсов может быть достигнута только тогда, когда все сложные нелинейные взаимодействия рассматриваются и оптимизируются одновременно. Большое значение, при производстве, имеет корреляция между затратами материалов, воды и энергии и т.п. В математической оценке это играет не последнюю роль, так как это может повысить эффективность использования ресурсов общества. Связав все аспекты производства и потребления в большую технологическую схему и, используя лучшие доступные технологии можно создать базовую линию, а затем связать ее с инструментами экологической оценки, реализованные при помощи ЭВМ. Эти операции могут помочь в определении истинных пределов эффективности использования ресурсов. В случаях анализа оценки жизненного цикла при использовании компьютерных моделей коэффициенты рециклинга часто относительно просты. Как правило, они основаны на весьма упрощенных моделях систем, минуя физическую сторону процесса [3].

Инструменты и модели рециклинга, а также получаемые руководящие принципы были разработаны и применены Рейтером [4]. Ван Шайк и Рейтер попытались решить проблему оценки жизненного цикла изделия при помощи ЭВМ, охватывающую в большей степени товары, ориентированные на переработку [7].

Недавние исследования, основанные на большом количестве промышленных и экспериментальных данных, показали зависимость между дизайном (конструкцией) товара и качеством получаемого вторичного сырья. Благодаря связи между дизайном (конструкцией) продукции и эффективностью использования ресурсов, Ван Шайк и Рейтер разработали динамические имитационные модели утилизации для автомобилей и электронных отходов (отходов электрического и электронного оборудования) [8]. Характеристики частиц мелкодис-

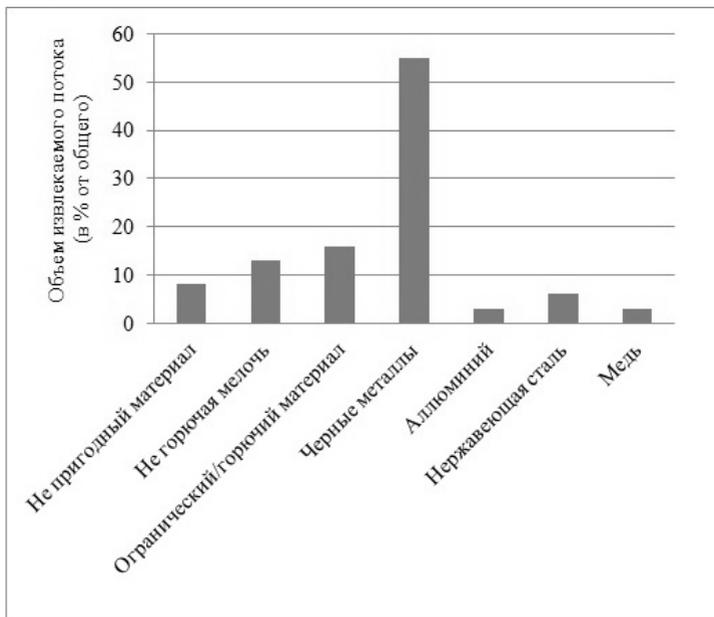
персного материала, получаемых в результате тонкого измельчения рециклируемых изделий, рассматриваются неотрывно от их физических и химических свойств.

Поскольку такие модели утилизации слишком сложны и связаны с конструкцией изделий и оценкой жизненного цикла, ван Шайк и Рейтер разработали и применили оптимизационную модель рециклинга. Она связана с автоматизированным проектированием и программным обеспечением оценки жизненного цикла для автомобильной промышленности в проекте “SuperLight” и использовалась для расчета процесса рециркуляции легковесных материалов конструкций [5].

Обширная технологическая схема переработки (например, для отслуживших свой срок автомобилей), как правило, основана на сети разветвленных процессов и материальных потоков. Такая сложная модель описывает, определяет и оптимизирует сочетание отдельных процессов переработки для материальных потоков конструкций, состоящих из большого числа компонентов. Такая технологическая схема является основой для исследования различных маршрутов обработки продукта. Многомерные технологические схемы, обеспечивающие графический и технологический план моделей систем переработки, позволяют прогнозировать и рассчитывать возможности и пределы рециклинга.

На рисунке 1, в качестве примера, приведем объем извлекаемых материалов (по отношению к общему выходу процесса извлечения) отдельных потоков перерабатываемого материала в процессе переработки электронных отходов [6]. Этот прогноз учитывает зависимость результатов от изменяющихся условий извлечения материалов и, как следствие, изменение состава, массы и т. д.

Очевидно, что качество и класс вторичного сырья определяются не только исходя из содержания железа, но также и отталкиваясь от других материалов, а также имеющихся примесей в потоках ввиду, к примеру, несовершенства разделения. Такой тип моделирования необходим для определения возможностей и ограничений для прогнозирования процессов рециклинга.



**Рисунок 1. Объем извлекаемых потоков из перерабатываемых изделий**

Таким образом, модели, предложенные Ван Шайком и Рейтером могут предсказать качество материалов, образующихся в результате переработки окончивших срок службы изделий, объем извлекаемых материалов (в том числе дефицитных), а также потери (в результате демонтажа (разделения с целью извлечения)), и, как результат, определить будущее направление утилизации. Еще один примером является имитационная модель рециклинга под названием «Методология анализа техногенного элементопотока металлов», которая была зарегистрирована в качестве НОУ-ХАУ МИСиС № 3-202-2009 ОИС от 10 февраля 2009 года. В разработанной модели, становится доступным производить расчет практически для любых экономических и географических условий (для областей, регионов, страны, группы стран). В основе лежит алгоритм программного комплекса оптимизации (в виде многокритериальной задачи), а также решена задача оптимизации параметров рециклинга, что позволит обеспечить необходимый уровень потребления металлопродукции на душу населения при соблюдении качественных характеристик железа [1].

### Список литературы:

1. Коротченко А.С. Компьютерное моделирование глобального рециклинга: Дис...канд. тех. наук. — М. 2010 год. — 167 стр.
2. Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Черноусов П.И. Промышленность и окружающая среда/ Ю.С. Юсфин. и др. — М.: ИКЦ Академкнига, 2002. — 469 с.
3. Brunner P.H., Rechberger H. Practical Handbook of Material Flow Analysis, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, — p. 336, 2004.
4. Reuter M.A. The simulation of industrial ecosystems. Minerals Engineering, vol. 11(10), pp. 891—917, 1998.
5. SuperLightCar, 6<sup>th</sup> framework EU project., [digital resource] URL: <http://www.superlightcar.com> (accessed date 24<sup>th</sup>, June 2015).
6. UNEP. Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, p. 320, 2013.
7. Van Schaik A., Reuter M.A., Heiskanen K. The influence of particle size reduction and liberation on the Recycling rate of end-of-life vehicles. Minerals Engineering, — vol. 17, — pp. 331—347, — 2004.
8. Van Schaik A., Reuter M.A. Calculating the Recyclability, Product Design is the Key to High Recycling Rates. Recycling Magazine, — vol. 12, — pp. 14—17, — 2007.

## СЕКЦИЯ 5.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ И ВОСПРИЯТИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ И ЯРКОСТИ АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Бессарабова Елена Витальевна*

*канд. техн. наук, доцент  
Севастопольского государственного университета,  
РФ, г. Севастополь  
E-mail: [elsev1980@mail.ru](mailto:elsev1980@mail.ru)*

*Андреева Ольга Юрьевна*

*ст. преподаватель,  
Севастопольского государственного университета,  
РФ, г. Севастополь  
E-mail: [nordlove\\_svs@mail.ru](mailto:nordlove_svs@mail.ru)*

#### GEOMETRICAL AND PHYSICAL PARAMETERS INFLUENCES ON THE FORMATION AND PERCEPTION OF ILLUMINANCE AND BRIGHTNESS OF ARCHITECTURAL STRUCTURES

*Elena Bessarabova*

*candidate of technical science, Sebastopol State University,  
Russia, Sevastopol*

*Olga Andreeva*

*teacher (senior lecturer), Sebastopol State University,  
Russia, Sevastopol*

## АННОТАЦИЯ

Статья посвящена анализу геометрических и физических параметров, влияющих на восприятие архитектурных объектов, помещенных в определенные условия фона. Фоном для восприятия архитектурных сооружений является ландшафт и свето-цветовая среда, которые находятся в тесной взаимосвязи. В статье представлены формулы, позволяющие рассчитать геометрические параметры поля иррадиации, зависящие от геометрических и физических параметров фона, в котором воспринимается архитектурный объект.

## ABSTRACT

This article analyzes the geometrical and physical parameters that influence the perception of architectural objects placed in certain conditions the background. The background for the perception of architectural structures is the landscape and the light-color location which are closely interrelated. The article presents the formulas that allow to calculate the geometrical parameters of the irradiation field, depending on the geometrical and physical parameters of the background, which is perceived by the architectural object.

**Ключевые слова:** зрительное впечатление; ландшафт; свето-цветовая среда; освещенность; яркость; поле иррадиации.

**Keywords:** visual impression; landscape; light-color medium; brightness; color brightness; irradiation field.

Каждый исторический город уникален в своем колористическом проявлении. Формируясь на протяжении определенного периода, каждый из них имеет характерную цветовую палитру и соответствующее геометрическое решение которые зависят от объективных, субъективных, социальных, экономических и культурно-эстетических факторов — схема рисунка 1).



**Рисунок 1. Факторы, влияющие на восприятие архитектурных объектов**

Ландшафт формируется совокупностью составляющих:

- рельефом;
- гидрографическими и почвенными особенностями;
- климатическими особенностями;
- биоценозом.

Полная совокупность составляющих ландшафта формирует в свою очередь:

- отражающую способность поверхности, зависящую от рельефа;
- отражающую способность, зависящую от подстилающей поверхности и наличия водоемов;
- цветовой фон с учетом биоценоза и изменения по сезонам.

Свето-цветовая среда создается:

- спектром и константностью освещения;
- яркостью ясного и облачного неба;
- продолжительностью солнечного сияния.

Свето-цветовая среда формирует:

- уровень освещения воспринимаемых архитектурных объектов;
- яркость воспринимаемого объекта;
- продолжительность дневного освещения и степень его изменения в течение суток.

Ландшафт и свето-цветовая среда связаны между собой и формируют в совокупности физические и геометрические условия, влияющие на физиологические аспекты зрительного восприятия архитектурного объекта, помещенного в определенную природно-климатическую среду.

При восприятии архитектурного объекта во время дневного освещения следует учесть следующие геометрические и физические параметры: освещенность объекта —  $E$ ; коэффициент прозрачности атмосферы —  $p$ ; яркость неба и яркость подстилающей поверхности —  $L$ , зенитное расстояние Солнца —  $Z$ . Анализируя освещенность следует отличать освещенность горизонтальной поверхности —  $E_{\Gamma}$  (формула 1) и пересеченной поверхности —  $E_{\Pi}$  (формула 2).

$$E_{\Gamma} = E_{\Pi\Gamma} + E_p = E_c \left[ p^{\sec Z} \cos Z + q(Z, p) \right], \quad (1)$$

$$E_{\Pi} = E_{\Pi\Gamma} + E_p + E_3, \quad (2)$$

где:  $E_{\Pi\Gamma}$  — прямая освещенность;  
 $E_p$  — рассеянная освещенность;

$E_C$  — световая солнечная постоянная;

$E_3$  — свет, отражаемый от Земли.

В случае как естественной, так и искусственно полученной пересеченной местности, необходимо учитывать варианты неравномерности освещения (отбрасываемые тени), формирующиеся составляющей  $E_3$ . Так на уровень освещения объекта влияет геометрия рельефа.

Геометрия отражающих поверхностей, уровень освещения в искусственном и естественном рельефе, создаваемая рельефом и световым потоком яркость поверхностей может усиливать такие негативные композиционные решения архитектурных объектов, как агрессивные и гомогенные поля. Это усиление происходит в случае неравномерности освещения различных поверхностей сооружения.

Уровень светового потока влияет на яркость освещаемой поверхности. То есть интенсивность светового потока во взаимодействии с направлением потока света может усилить или ослабить яркость определенного цвета. Эта зависимость выражается формулой 3.

$$L = rE \quad (3)$$

где  $r$  — среднее значение яркости объекта или фона, зависящее от преобладающей длины волны в цвете, зависящее от типа покрывающей поверхности.

Так, объект, с одинаковыми колориметрическими параметрами (цветовым тоном и собственной яркостью), помещенный в различные условия освещенности (горизонтальные участки местности, пересеченные участки и искусственное освещение) будет иметь различную яркость:

$$L_{\text{Об.Г.}} = rE_{\text{Г.}} = 11,66 \times 10^3 \quad (4)$$

$$L_{\text{Об.П.}} = rE_{\text{П.}} = 12,88 \times 10^3 \quad (5)$$

$$L_{\text{Об.И.}} = rE_{\text{И.}} = 11,66 \times 10^3 \quad (6)$$

где:  $L_{\text{Об.Г.}}$  — яркость объекта, помещенного в условия горизонтальной местности;

$L_{\text{Об.П.}}$  — яркость объекта, помещенного в условия пересеченной местности;

$L_{\text{Об.И.}}$  — яркость объекта, помещенного в условия искусственного освещения (объект освещается лампой, формирующей световой поток в 4320 люменов с расстояния 2—2,5 м);

$E_{\text{Г.}}$  — освещенность горизонтальной поверхности;

$E_{\Pi}$  — освещенность пересеченной местности;

$E_{И}$  — освещенность искусственно освещаемой поверхности.

Полученная зависимость яркости  $L$  воспринимаемого объекта от уровня его освещения  $E$  даст возможность скорректировать формулы, полученные в ходе предыдущих исследований размеров полей иррадиации, возникающих на сетчатке глаза, в результате зрительного восприятия. Так поле иррадиации это энергетическое поле, возникающее на сетчатке глаза в результате попадания на нее светового луча и постепенно угасающего по мере удаления от очага возбуждения. Геометрия и интенсивность возникающего поля зависит от преобладающей длины волны, яркости и количества светового потока, вызывающего очаг возбуждения на сетчатке. Такие поля являются источником возникновения оптических иллюзий, связанных с контрастом, размером, геометрией линий и форм любого воспринимаемого объекта, в том числе и архитектурных сооружений. Так размер поля иррадиации  $D$  выражается формулой 7.

$$D = 2R_2 = 2 \frac{2,44\lambda}{1,24\delta(\log_{0,9}L)} \quad (7)$$

Так из формулы 7 видно, что размер поля иррадиации находится в прямой зависимости от длины волны и в обратной зависимости от яркости объекта. Исходя из полученных формул 4, 5, 6 и 7 получены следующие зависимости геометрических параметров размера поля иррадиации для различных ландшафтов и светоцветовой среды:

$$D_{\Gamma} = 2R_{\Gamma} = 2 \frac{2,44\lambda}{1,24\delta(\log_{0,9}r(E_{\Pi\Gamma} + E_p))}; \quad (8)$$

$$D_{\Pi} = 2R_{\Pi} = 2 \frac{2,44\lambda}{1,24\delta(\log_{0,9}r(E_{\Pi\Pi} + E_p + E_o))}; \quad (9)$$

$$D_{И} = 2R_{И} = 2 \frac{2,44\lambda}{1,24\delta(\log_{0,9}rE_{И})} \quad (10)$$

где:  $D_{\Gamma}$  — размер поля иррадиации при освещении объекта в горизонтальной местности;

$D_{\Pi}$  — размер поля иррадиации для объекта, воспринимаемого при освещении на пересеченной местности;

$D_{И}$  — размер поля иррадиации при искусственном освещении объекта.

Таким образом получены: освещенности объектов, помещенных в различные свето-цветовые и климатические условия; установлены физико-геометрические параметры, влияющие на степень освещенности и на яркость; зависимости яркости от освещенности объектов воспринимаемых в различных условиях объектов, формируется освещенностью

### Список литературы:

1. Агостон Ж. Теория цвета и ее применение в искусстве и дизайне / Ж. Агостон; [перевод с англ. канд. физ.-мат. наук И.В. Пеновой]. — М.: «Мир», 1982. — 184 с.
2. Азгальдов Г.Г. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании / Г.Г. Азгальдов. — М.: Стройиздат, 1989. — 272 с.
3. Базыма Б.А. Цвет и психика: монография / Б.А. Базыма. — Харьков: ХГАК, 2001. — 172 с.
4. Бессарабова Е.В. Психологический и психофизиологический аспекты восприятия объектов дизайна / Е.В. Бессарабова // Журнал «Глобальный научный потенциал». — октябрь 2014. — № 10 (43). — С. 17—20.
5. Бессарабова Е.В. Управление качеством производимой дизайн-продукции при помощи социологических исследований / Е.В. Бессарабова // Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции». — март 2015. — № 3. — С. 125—127.
6. Бессарабова Е.В. Импрессивная графоаналитическая модель в проектировании объектов дизайна: Дис. ... канд. техн. наук: 05.01.03 / Елена Витальевна Бессарабова; Киевский национальный унив-т строительства и архитектуры — К. 2011. — 180 л.
7. Вайнштейн Л.А. Психология восприятия / Л.А. Вайнштейн. — Мн.: Гессей, 2007. — 224 с.
8. Коробцева Н.А. Теоретические и методологические основы импрессивного подхода к проектированию одежды: Дис. ... док. техн. наук: 05.19.04 / Надежда Алексеевна Коробцева; Московский гос. унив-т дизайна и технологии — М., 2005. — 304 л.
9. Логвиненко А.Д. Чувственные основы восприятия пространства / А.Д. Логвиненко. — М.: Изд-во Московского университета, 1985. — 223 с.
10. Педхем Ч. Восприятие света и цвета / Ч. Педхем, Дж. Сондерс. — М.: Мир, 1978. — 324 с.
11. Шаронов В.В. Свет и цвет / В.В. Шаронов. — М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. — 311 с.

## РАСЧЕТНЫЕ НАКЛОННЫЕ СЕЧЕНИЯ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ ЭЛЕМЕНТЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНЫХ УСИЛИЙ

*Исаков Ондасын Абдрашитович*

*д-р техн. наук, проф. архитектуры, проф. строительства КазНТУ,  
Республика Казахстан, г. Алматы*

*Кызылбаев Нурлан Куттыбаевич*

*магистр технич. наук, ассистент.проф., КазГАСА,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [kz261177@mail.ru](mailto:kz261177@mail.ru)*

## SETTLEMENT OBLIQUE SECTION IN REINFORCED CONCRETE ELEMENTS UNDER THE EFFECT OF LATERAL FORCES

*Ondasyn Isakov*

*Ph.D., professor of architecture, professor construction, KazNTU,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

*Nurlan Kyzylbaev*

*master of Technical Sciences, assistant professor, KazGASA,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

### АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается расположение расчетных наклонных сечений в железобетонных элементах при поперечных воздействиях и возникающие в данных сечениях напряженно-деформированные состояния.

### ABSTRACT

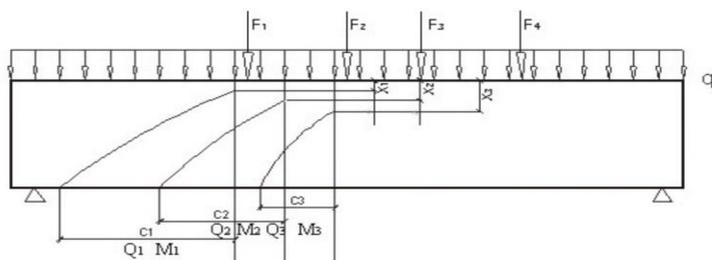
This article describes the location of the settlement inclined sections in the concrete elements in the cross-influences and emerging in these sections of the stress-strain state.

**Ключевые слова:** деформация; напряжение; продольная арматура; наклонные сечения; продольные силы; поперечные силы; состояние.

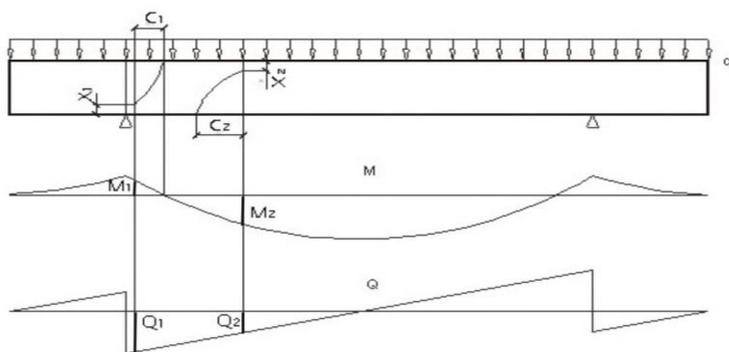
**Keywords:** deformation; stress; longitudinal reinforcement; inclined section; longitudinal forces; transverse force; condition.

Для обеспечения прочности железобетонного элемента по наклонным сечениям в целом должна быть обеспечена прочность любого наклонного сечения, проходящего в элементе. Согласно общему правилу, относящемуся к расчету прочности элементов по нормальным, наклонным или пространственным сечениям, в общем случае, рассматривается последовательный ряд сечений по длине элемента, с тем, чтобы убедиться, что все эти сечения удовлетворяют требованиям прочности. В инженерной практике для отдельных случаев с помощью специального анализа (либо это бывает очевидным) заранее устанавливаются места расположения наиболее опасных сечений, для которых производится расчет. В представленном методе расчета положение наклонного сечения по длине элемента характеризуется положением вершины наклонной трещины, поскольку в нормальном сечении, проходящем через вершину наклонной трещины, учитывается величина изгибающего момента  $M$  и влияние местного действия сосредоточенной нагрузки  $Q$ , определяющих характеристики наклонного сечения [1]. Поэтому в общем случае рассматривается последовательный ряд наклонных сечений, характеризуемых положением вершины наклонной трещины по длине элемента (рис. 1), для которых устанавливаются величины изгибающего момента  $M$  от внешней нагрузки, характеристики наклонного сечения  $x, x_0, c, R_{sh}$ , внутренние поперечные усилия  $Q_{sw}, Q_{b1}, Q_{s3}$  и путем сравнения их суммы с поперечной силой  $Q$  от внешней нагрузки, действующей в рассматриваемом наклонном сечении, устанавливается, удовлетворяет ли это сечение требованиям прочности. Наиболее опасным будет такое наклонное сечение, у которого разница между внутренними и внешними силами минимальна. Такой подход может быть применен к элементам с различными схемами загрузки и опирания, поскольку она характеризуется различным характером распределения изгибающих моментов и поперечных сил, а также характером местного действия нагрузки, что учитывается в расчете при рассмотрении последовательного ряда сечений. Это относится к балкам на двух свободных опорах, загруженным сосредоточенными и распределенными нагрузками, к консольным и неразрезным балкам и т. д. В последнем случае следует учитывать двузначную эпюру изгибающих моментов по длине элемента, рассматривая наклонные сечения в зоне действия положительных и отрицательных моментов с вершиной наклонной трещины у соответствующей сжатой грани

(рис. 2). При этом наклонное сечение не должно выходить за пределы зоны действия моментов одного знака. Проверка большого числа наклонных сечений существенно увеличивает трудоемкость расчета, поэтому целесообразно установить, хотя бы для наиболее распространенных случаев, положение наиболее опасных наклонных сечений. Не останавливаясь подробно на этой задаче, которая очевидно может быть разрешена в дальнейшем при разработке соответствующих руководств и пособий, также как это делается сейчас по отношению к другим методам СНиП, покажем на отдельных примерах, где может быть принято расчетное положение наиболее опасного наклонного сечения.



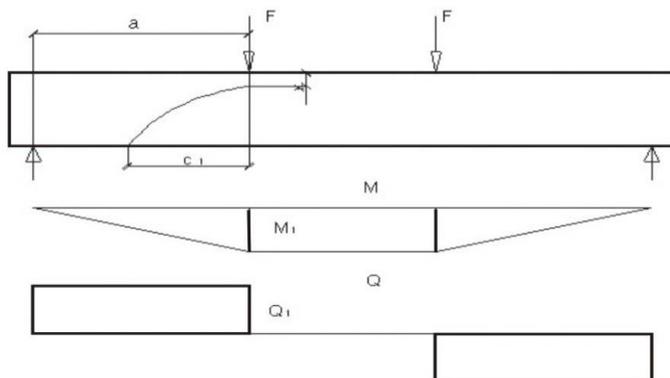
**Рисунок 1. Расположение расчетных наклонных сечений по длине элемента**



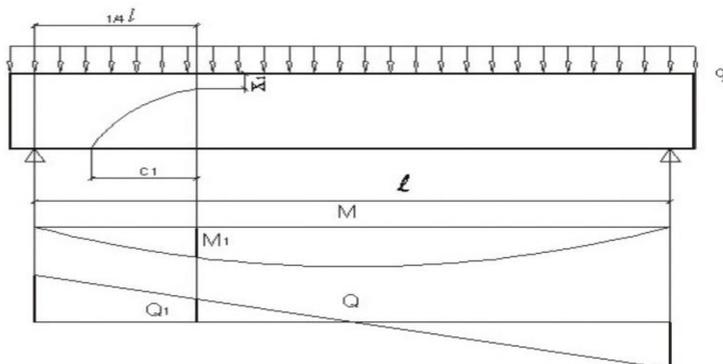
**Рисунок 2. Расположение расчетных наклонных сечений в неразрезных балках**

Для балок на двух свободных опорах, загруженных двумя сосредоточенными грузами, поперечная сила  $Q$  между опорой

и грузом остается постоянной, а изгибающий момент  $M$  увеличивается при приближении к грузу. Поэтому с точки зрения величины момента  $M$  и поперечной силы  $Q$  наиболее опасным является положение наклонного сечения с вершиной под грузом так, где действует наибольший изгибающий момент (рис. 3). Однако на несущую способность по наклонному сечению оказывает влияние также местные напряжения  $\sigma_y$  вблизи сосредоточенного груза, причем при приближении к грузу их величина увеличивается, вызывая увеличение сопротивления  $R_{sh}$ , значит и несущей способности сечения. В результате вершина наиболее опасной наклонной трещины будет несколько отстоять от груза. Проведенный ранее анализ показал, что без большой погрешности можно принять расчетное наклонное сечение с вершиной непосредственно под грузом. При наличии нескольких сосредоточенных грузов все приведенные выше рассуждения остаются в силе и для участков между грузами. В этом случае в качестве опасных сечений следует рассматривать наклонные сечения с вершиной под каждым сосредоточенным грузом [2]. При действии на элемент равномерно распределенной нагрузки поперечные силы от опоры к середине пролета уменьшается, а изгибающие моменты, наоборот, возрастают. Поэтому положение вершины наиболее опасного наклонного сечения будет находиться в некоторой промежуточной точке между опорой и серединой пролета (рис. 4.).



**Рисунок 3. Расположение расчетного наклонного сечения при сосредоточенной нагрузке**



**Рисунок 4. Расположение расчетного наклонного сечения при равномерно распределенной нагрузке**

Для определения положения этой точки были проведены расчеты для балок с различной относительной длиной  $\frac{l}{h_0}$ , загруженных равномерно распределенной нагрузкой. Результаты расчетов приведены на рис. 3. Как видно из графика, вершина опасного наклонного сечения располагается примерно на расстоянии  $(0,2—0,3) l$  от опоры. Следует отметить, что для коротких элементов эта точка смещается ближе к середине пролета [3]. Поэтому можно было бы для обычных балок при  $\frac{l}{h_0} \geq 10$  с достаточной уверенностью принять расчетное положение вершины наиболее опасного наклонного сечения на расстояние  $\frac{1}{4} l$  от опоры. Для коротких балок более точным выглядит решение, если принять это расстояние в виде некоторой функции от  $\frac{l}{h_0}$ , например, в виде  $0,45-0,02 \frac{l}{h_0}$ . В неразрезных и консольных балках, имеющих двузначную эпюру моментов, помимо расчетных наклонных сечений в пролете следует также рассматривать наклонное сечение с вершиной над опорой, где действуют наибольшие моменты обратного знака (рис. 2.). Сделанные выше выводы являются справедливыми для элементов с постоянными геометрическими размерами и армированием по всей длине элемента. При изменении этих характеристик следует рассматривать наиболее опасные наклонные сечения в пределах каждой зоны с постоянными геометрическими размерами и армированием [4].

Окончательные выводы о приемлемости принятых положений наиболее опасных наклонных сечений будут сделаны после сопоставления конечных результатов расчета и опытов.

### Список литературы:

1. Беглов А.Д., Санжаровский Р.С. Теория расчета конструкций на прочность и устойчивость. — СПб.-М., 2004.
2. Залесов А.С., Мухамедиев Т.А., Чистяков Е.А. Расчет деформаций железобетонных конструкций по новым нормативным документам. Бетон и железобетон, № 6, 2002.
3. Залесов А.С. Новый метод расчета прочности железобетонных железобетонных конструкций М., 1977.
4. Кудзис А.П., Двоскина Л.Г. Об оценке влияния продольной арматуры на прочность элементов в наклонном сечении. — В кн.: Железобетонные конструкции, № 8. Вильнюс, 1977 (ВИСИ).

## СЕКЦИЯ 6.

### БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ

#### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ТРУДОВОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

*Бисакаев Сериккали Гумарович*

*д-р техн. наук, профессор, Генеральный директор РГКП  
«Республиканский научно-исследовательский институт по охране  
труда Министерства здравоохранения и социального развития  
Республики Казахстан»,  
Республика Казахстан, г. Астана  
[E-mail:us@rniiot.org.kz](mailto:us@rniiot.org.kz)*

#### INCREASE OF EFFICIENCY OF CONTROL OF OBSERVANCE OF THE LABOUR LEGISLATION AT THE PRESENT STAGE

*Serikkali Bissakayev*

*doctor of Engineering, professor, Director General of RSE  
“Republican Scientific and Researches Institute of Labor Security  
of the Ministry of Healthcare and Social Development  
of the Republic of Kazakhstan”,  
Republic of Kazakhstan, Astana city*

#### АННОТАЦИЯ

Установлено, что существующая система государственной инспекции труда не имеет возможности эффективно реагировать на массовые нарушения трудового законодательства в Республике Казахстан. Предложено, на основе повышения результативности контрольной функции процесса управления со стороны государства

и разграничения полномочий, устранение противоречий в развитии региональной социально-экономической системы контроля (государственного, внутреннего и общественного).

#### ABSTRACT

It is established that the existing system of State Labour Inspection hasn't got opportunity effectively to react to mass violations of the labor legislation in the Republic of Kazakhstan. It is offered, on the basis of increase of productivity of control function of management process from the state and differentiation of powers, elimination of contradictions in development of the regional social and economic monitoring system (state, internal and public).

**Ключевые слова:** научное обоснование; совершенствование; государственный; внутренний и общественный контроль; трудовое законодательство.

**Keywords:** scientific justification; improvement; state; internal and public control; labor legislation.

Вопросы государственного контроля играют важную роль в развитии современных социально-экономических систем и зачастую связаны с его неэффективным управлением. Проблемы повышения его эффективности за соблюдением трудового законодательства на современном этапе определяют важную роль регулирующей функции государства.

Государственный контроль за соблюдением трудового законодательства, в соответствии с действующим законодательством представляет одну из форм защиты трудовых прав граждан, призванную обеспечивать исполнение их социальных гарантий.

Органом, осуществляющим государственный контроль за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, всеми работодателями на территории Республики Казахстан является Государственная инспекция труда.

В своей работе Государственная инспекция труда призвана следовать не только нормам законодательства Республики Казахстан (далее — РК) — Конституции РК, Трудового кодекса РК, но и требованиям международных правовых актов, и в первую очередь — Конвенциям, стандартам, основополагающим документам Международной организации труда (далее — МОТ) [1—6].

К основным международно-правовым источникам в сфере надзора и контроля следует отнести Конвенцию № 81 (1947 г.) «Об инспекции труда в промышленности и торговле», Протокол к этой

Конвенции (1995 г.), Конвенцию № 150 (1978 г.) «О регулировании вопросов труда», Конвенцию № 155 (1981 г.) «О безопасности и гигиене труда в производственной среде», которые были ратифицированы Республикой Казахстан.

Конвенция № 81 (1947 г.) ориентирует государства-участников на закрепление в национальном законодательстве, регламентирующем деятельность инспекций труда, следующих основных положений:

1. нормативное определение государственного статуса инспекций труда, повышение ответственности и широта охвата контролем организаций, реализующих нормы трудового законодательства;
2. предоставление исключительных полномочий по установлению системы правовых гарантий в деятельности государственных инспекций по труду в виде определения пределов вмешательства в рамках предмета контроля, возложения корреспондирующих обязанностей на подконтрольных лиц;
3. создание со стороны государства материальных и организационных условий деятельности инспекций, обеспечивающих их независимость;
4. соблюдение тайны обращения в целях ограждения заявителей от преследований со стороны работодателя за критику его действий;
5. гласность результатов инспектирования, включение инспекций в систему сотрудничества по вопросам их компетенции со всеми заинтересованными структурами, в том числе с самими участниками трудовых отношений [7].

Более того, Конвенция № 81 «Об инспекции труда в промышленности и торговле» (1947 г.) допускает существование нескольких вариантов национальных моделей системы государственных инспекций труда, подчеркивая при этом необходимость единства ее органов. Далее, в этой же Конвенции сказано о том, что в той степени, в какой это совместимо с административной практикой члена организации, инспекция труда может находиться под наблюдением и контролем центральной власти.

В этой связи, была начата работа по приведению национального законодательства в соответствие стандартам МОТ, цель которой в том, что и законодательно государственная инспекция труда должна находиться под надзором и контролем центральной власти.

И так, принятый еще в 1999 году Закон РК «О труде в Республике Казахстан», предусматривал вертикальную систему государственной инспекции труда при Министерстве труда РК, в соответствии с чем

была образована Государственная инспекция труда с территориальными подразделениями во всех областях.

Планомерная работа государственной инспекции труда за годы своего функционирования дала ощутимые результаты: производственный смертельный травматизм был снижен почти вдвое.

Вместе с тем, в 2014 году функции государственного контроля за соблюдением трудового законодательства были в очередной раз переданы в местные исполнительные органы власти, что не соответствует рекомендациям Конвенции МОТ № 81. Данное несоответствие следует разрешать в пользу применения положения международного правового акта, который в соответствии с п. 3 ст. 4 Конституции РК имеет приоритет перед внутренним законодательством.

Следует отметить, что после передачи функций госконтроля за соблюдением трудового законодательства в местные исполнительные органы показатели нарушения трудового законодательства не уменьшились и, как следствие, отмечается рост производственного травматизма.

По данным Агентства РК по статистике, в 2014 году в организациях республики в результате несчастных случаев на производстве погибло 334 человека, тогда как в 2013 году — 301 человек, а в 2012 году — 278 человек.

Существующая система государственной инспекции труда, построенная по принципам подчиненности местной исполнительной власти, показала отсутствие возможности эффективно реагировать на массовые нарушения трудового законодательства.

Кроме того, одной из причин не эффективного осуществления государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства является несовершенство законодательства, а именно отсутствие разделения функций инспекции труда, внутреннего и общественного контроля, что приводит к дублированию функции общественного и внутреннего контроля, и неэффективному осуществлению государственного регулирования вопросов безопасности и охраны труда и трудовых отношений.

В связи с увеличением уровня травматизма на предприятиях республики, вопросы эффективного функционирования системы государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства в мае 2015 года были рассмотрены на расширенном совместном заседании в Мажилисе Парламента Республики Казахстан, по результатам которого, Правительству было рекомендовано рассмотреть вопрос подчинения государственных инспекторов труда

Министерству здравоохранения и социального развития РК и увеличения их штатной численности.

Данное обстоятельство и предопределило проведение исследования, направленного на научное обоснование совершенствования контроля за соблюдением трудового законодательства, путем повышения эффективности системы оценки рисков.

Таким образом, *актуальность* темы исследования обусловлена:

- неэффективностью контрольных мер местной исполнительной власти и отсутствие возможности эффективно реагировать на массовые нарушения трудового законодательства;
- неупорядоченностью мер ответственности различных видов контроля (государственного, внутреннего и общественного) за реализацию социальных гарантий государства;
- необходимостью устранения сложившихся структурных диспропорций в сфере контроля (государственного, внутреннего и общественного), значительно осложняющих реализацию социальных гарантий государства;
- несовершенством действующего механизма осуществления контроля (государственного, внутреннего и общественного), обеспечивающего сбалансированность проводимых мероприятий с минимальными финансовыми затратами.

Изучение основных тенденций и закономерностей развития трудового законодательства и контроля за его соблюдением развитых европейских государств и стран СНГ позволит понять механизмы правового регулирования в области контроля и надзора за соблюдением трудового законодательства, адекватные правовые формы (процедуры и институты) и гарантии их эффективного использования.

Данный вопрос особенно актуален сегодня для казахстанского общества, в котором идёт активный поиск оптимальной социально-экономической модели.

Анализ существующих исследований показывает, что, не смотря на значительное внимание к проблеме, до сих пор остается актуальными научное обоснование совершенствования государственного контроля по исполнению норм трудового законодательства. Актуальность, дискуссионность и неразработанность многих теоретических положений, а также их высокая практическая значимость предопределили выбор объекта, предмета, цели и задач исследования.

*Гипотеза исследования.* В качестве рабочей гипотезы исследования выдвинуто предположение о том, что противоречие в функционировании контроля (государственного, внутреннего и общественного), существующее между соблюдением норм трудового законодательства

и обеспечением государственных гарантий, может быть в значительной мере устранено на основе повышения результативности контрольной функции процесса управления со стороны государства и разграничения полномочий государственной инспекции труда.

*Цель работы* состоит в обосновании и разработке адекватных современному состоянию системы теоретических и практических подходов к совершенствованию контроля за соблюдением трудового законодательства, путем повышения эффективности системы оценки рисков.

В соответствии с целью данного исследования, поставлены *задачи*:

1. изучение международного опыта (не менее 7 стран) в части:
  - осуществления государственного, внутреннего и общественного контроля (разграничение функций, полномочия, роль и независимость) за соблюдением трудового законодательства в зарубежных странах;
  - существующих систем и применяемых критериев оценки рисков при осуществлении государственного контроля за соблюдением трудового законодательства (законы, Декларации, Конвенции МОТ и др.);
2. проведение анализа действующей системы оценки рисков и эффективности критериев, с учетом специфики деятельности и формы субъекта предприятий Республики Казахстан;
3. научно обосновать совершенствование контроля за соблюдением трудового законодательства путем разделения функций государственных, общественных инспекторов и службы охраны труда;
4. научно обосновать направления повышения эффективности системы оценки рисков на основе международного опыта и с учетом ратифицированных Конвенций международной организации труда (МОТ).

Исходя из целей и задач исследования в качестве *объекта исследования* выступает такая социально-экономическая система, включающая порядок, методы, формы и эффективность осуществления государственного, общественного и внутреннего контроля за соблюдением трудового законодательства.

*Предметом исследования* являются управленческие отношения, возникающие в процессе осуществления государственного контроля.

*Информационную базу исследования* составляют российская и зарубежная литература, публикации в периодической печати, материалы научно-практических конференций, Конвенции международной организации труда (МОТ), действующие нормативно-правовые

документы. В работе использовались информационные и отчетные материалы государственной инспекции труда Республики Казахстан, данные Агентства по статистике Республики Казахстан.

Результаты теоретической части исследований послужат основой для разработки рекомендаций по совершенствованию контроля за соблюдением трудового законодательства Республики Казахстан, путем повышения эффективности осуществления государственного, внутреннего и общественного контроля.

### Список литературы:

1. Инспектирование и реализация трудовых рисков/ Бюллетень инспекции охраны труда Нидерландов. Гаага, 2000 г.
2. Инспекция по труду в странах Европейского Сообщества. Проект ТАСИС «Подготовка и реализация основ законодательства по охране труда» М., Июль, 1996 г., 106 стр.
3. Конституция Республики Казахстан от 30 августа 1995 года.
4. Конвенция МОТ № 129 «Об инспекции труда в сельском хозяйстве» (Женева, 25 июня 1969 г.). Ратифицирована Законом РК от 07.05.2001 г. № 195-ІІ).
5. Конвенция МОТ № 187 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда» (Женева, 15 июня 2006 года). Ратифицирована Законом РК от 20.10.2014 г. № 243-V).
6. Конвенция МОТ № 155 «О безопасности и гигиене труда в производственной среде» (Женева, 3 июня 1981 г.). Ратифицирована Законом РК от 13.06.1996 г. № 7-I).
7. Конвенция МОТ № 81 «Об инспекции труда в промышленности и торговле» (Женева, 19 июня—11 июля 1947 г.). Ратифицирована Законом РК от 07.05.2001 г. № 194-ІІ).
8. Материалы доклада Генерального директора МОТ на Международной конференции труда. Национальный обзор. — Хельсинки, 2006.
9. Статистические бюллетени Агентства Республики Казахстан по статистике.
10. Трудовой кодекс Республики Казахстан от 15 мая 2007 г. № 251-ІІІ (с изм. и доп. по состоянию на 21.07.2015 г.).

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕХАНИЗМА  
ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРУДА  
РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ ВО ВРЕДНЫХ  
УСЛОВИЯХ ТРУДА ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ УСТОЙЧИВОСТИ  
РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВОЙ СФЕРЫ**

***Бисакаев Сериккали Гумарович***

*д-р техн. наук, профессор, Генеральный директор  
РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт  
по охране труда Министерства здравоохранения и социального  
развития Республики Казахстан»,  
Республика Казахстан, г. Астана  
E-mail: [us@rniiot.org.kz](mailto:us@rniiot.org.kz)*

***Абикенова Шолпан Какимжановна***

*канд. физ.-мат. наук, доцент, зам. Генерального директора  
по научной работе РГКП «Республиканский научно-исследовательский  
институт по охране труда Министерства здравоохранения  
и социального развития Республики Казахстан»,  
Республика Казахстан, г. Астана  
E-mail: [as@rniiot.org.kz](mailto:as@rniiot.org.kz)*

***Каминская Галина Анатольевна***

*канд. техн. наук, Главный ученый секретарь,  
РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт  
по охране труда Министерства здравоохранения и социального  
развития Республики Казахстан»,  
Республика Казахстан, г. Астана  
E-mail: [us@rniiot.org.kz](mailto:us@rniiot.org.kz)*

**SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF THE MECHANISM  
OF STATE REGULATION OF WORK OF THE WORKERS  
OCCUPIED IN HARMFUL WORKING CONDITIONS  
THROUGH THE PRISM OF STABILITY DEVELOPMENT  
OF THE SOCIAL AND LABOR SPHERE**

**Serikkali Bissakayev**

*doctor of Engineering, professor, Director General  
of RSE “Republican Scientific and Researches Institute of Labor Security  
of the Ministry of Healthcare and Social Development  
of the Republic of Kazakhstan”,  
Republic of Kazakhstan, Astana*

**Sholpan Abikenova**

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor,  
The Deputy Director General on scientific work  
of RSE “Republican Scientific and Researches Institute of Labor Security  
of the Ministry of Healthcare and Social Development  
of the Republic of Kazakhstan”,  
Republic of Kazakhstan, Astana*

**Galina Kaminskaya**

*candidate of Technical Sciences, Chief scientific secretary,  
RSE “Republican Scientific and Researches Institute of Labor Security  
of the Ministry of Healthcare and Social Development  
of the Republic of Kazakhstan”,  
Republic of Kazakhstan, Astana*

**АННОТАЦИЯ**

В работе показана необходимость в научном обосновании и разработке научных основ в осуществлении национальной политики в области охраны труда.

**ABSTRACT**

In work need for scientific justification and development of scientific bases for implementation of national policy in the field of labor protection is shown.

**Ключевые слова:** научное обоснование; механизм; государственное регулирование; вредные условия труда; устойчивость развития.

**Keywords:** scientific justification; mechanism; state regulation; harmful working conditions; stability of development.

Государство, стремящееся войти в 50 развитых и демократических государств мира, должно охранять права и законные интересы работников, осуществлять их защиту, обеспечивать их социальные гарантии.

Управление социально-трудовой сферой должно быть направлено на содействие устойчивому экономическому развитию, обеспечению социальной безопасности, эффективному функционированию системы социальных гарантий и развития человеческого капитала.

Государство прилагает максимум усилий в обеспечении безопасных условий труда своих граждан. Подтверждением тому является Конституция Республики Казахстан, где главным приоритетом определяется сохранение жизни и здоровья граждан страны в процессе трудовой деятельности, а также Трудовой кодекс РК.

Так, Трудовой Кодекс Республики Казахстан в главе 19 устанавливает особенности регулирования труда работников, занятых на тяжелых работах, работах с вредными (особо вредными) и (или) опасными условиями труда и статьей 317 главы 35 закрепляет обязанности работодателя в обеспечении необходимых условий для безопасности и охраны труда.

Но, несмотря на определенные усилия со стороны государства по обеспечению безопасных условий труда и их социальных гарантий, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников, занятых на тяжелых работах, работах с вредными (особо вредными) и (или) опасными условиями труда, в процессе трудовой деятельности, социальные и экономические потери, обусловленные несчастными случаями и профессиональными заболеваниями, по-прежнему остаются значительными.

В Казахстане в 2014 году на производстве погибло 334 чел., из них женщин 24 (в 2013 г. — 301 чел., из них женщин 17, в 2012 г. — 278 чел., из них женщин 21). При этом, частота несчастных случаев со смертельным исходом составила 0,066 (в 2013 г. — 0,064, в 2012 г. — 0,06), то превышает в два раза аналогичный показатель европейских стран.

В разрезе отраслей экономики в 2014 году наибольшее количество пострадавших отмечается на предприятиях строительной отрасли (354 чел., из них погибли 80 чел.), обрабатывающей промышленности (992 чел., из них — 44 чел. погибли), горнодобывающей промышленности (357 чел., из них — 31 случай со смертельным исходом), сельского хозяйства (120 чел., из них — 14 погибших.).

Материальные последствия от произошедших несчастных случаев в 2014 году составили около 2 млрд. тенге.

Рассматривая неутешительные данные по производственному травматизму можно заключить, что одной из причин не улучшающего состояния условий труда в Республике Казахстан является компенсационный подход государственного регулирования труда.

Вместе с тем, анализ норм международного и казахстанского законодательства по вопросам государственного регулирования условий труда работников, занятых во вредных и опасных условиях труда, показывает, что многие национальные нормативные правовые акты, так или иначе фактически направлены не на улучшение условий труда, а на установление компенсаций работникам, занятым в неблагоприятных условиях труда.

В соответствии с п. 3 ст. 4 Конвенции МОТ № 187 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда», ратифицированной Республикой Казахстан, национальная система безопасности и гигиены труда, в соответствующих случаях, должна включать научно-исследовательские работы в области безопасности и гигиены труда [4].

В этой связи, выше обозначенное выше и предопределило проведение научных исследований по комплексной программе на тему: «Системная оценка комплекса взаимосвязанных социально-экономических, организационно-технических и лечебно-профилактических мероприятий по управлению охраной труда, направленных на обеспечение безопасных и здоровых условий для эффективного и качественного труда».

Основанием для проведения данного исследования является необходимость в научном обосновании и разработке научных основ в осуществлении национальной политики в области охраны труда.

Как показывает международная и отечественная практика, современные экономические вызовы, приводят к увеличению профессиональных рисков повреждения здоровья работников, в этой связи указанная программа будет реализована по пяти направлениям, одним из которых является «Исследование особенностей регулирования труда работников, занятых на тяжелых работах, работах с вредными и опасными условиями труда».

Следует отметить, что на начало 2015 года численность работников, занятых во вредных условиях труда в Казахстане составила 391 тысяч работников.

Текущая ситуация в республике показывает, что регулирование труда работников, занятых во вредных условиях основано на приоритете компенсаций и гарантий (дополнительный отпуск, сокращенная продолжительность рабочего времени, доплата) над

улучшением условий труда без учета их фактического состояния. По итогам 2014 года более 700 тысяч работников получают компенсации, работодателями направлено порядка 96 млрд. тенге на эти цели, что на 11 % больше, чем в 2013 году (в 2012 г. — 18,2 %, в 2011 г. — на 33,3 %; в 2010 г. — на 45,55 %; в 2009 г. — на 57,7 %).

Вовремя проработки данного направления исследований высветились следующие проблемы, подтверждающие актуальность данной работы. Это:

- низкая культура охраны труда в стране (по данным Международной организации труда, обусловленная компенсационным подходом);
- рост заболеваемости;
- отсутствие у работодателя мотивации по улучшению условий труда.

Для этого, в рамках политики государства в области труда, сформирована нормативно-правовая база, предоставляющая гарантии работникам, занятых на тяжелых работах, работах с вредными (особо вредными) и (или) опасными условиями труда.

Но вместе с тем, существующая нормативная база быстро стареет, становится неадекватной современным организационно-техническим условиям производства. Качество нормативных материалов, используемых на предприятиях не всегда отвечает современному организационно-техническому уровню производства.

Как показывает анализ нормативных документов, предоставляющих гарантии работникам за вредные условия труда, некоторые гарантии дублируют друг друга и не учитывают современное состояние производства, условия труда на рабочих местах, присущих той или иной профессии. Да и наименования профессий, и характер выполняемых работ существенно изменились за годы становления Республики Казахстан.

Стремление к созданию безопасных и здоровых условий труда работников, занятых на тяжелых работах, работах с вредными (особо вредными) и опасными условиями труда, требует от государства разработки и применения принципиально новых концептуальных подходов в данной области.

В этой связи на современном этапе требуется существенно усилить законодательную базу в области охраны труда и, прежде всего, в направлении совершенствования и внедрения механизмов регулирования государственных гарантий, с разработкой новых и переработкой действующих нормативно-правовых документов.

Государственное регулирование труда работников, занятых во вредных условиях труда представляет собой сложную систему социальных гарантий, сложившихся еще в советское время и охватывающих не только сферу компенсаций за вредные условия труда, но и элементы защиты работников от воздействия вредных и опасных производственных факторов.

Механизм государственного регулирования по эффективному функционированию всевозможных гарантий предполагает реализацию трудового законодательства, методов и инструментов, которые могут оказать значительное влияние на величину компенсаций, а также определить принимаемые на разных уровнях решения, направленные на их стабилизацию.

Вместе с тем, государственное регулирование труда необходимо рассматривать как совокупность функций управления, которые осуществляют государственные органы власти, с целью сбалансированности трудовых затрат и компенсационных выплат.

Да и сами подходы, применяемые работодателями на предприятиях и в организациях, зачастую носят разрозненный характер и нуждаются в определенной системности и устойчивости развития.

Тем более, что здоровье, безопасность и благосостояние работников являются важными элементами экономической стабильности и организационного развития предприятий.

Механизм государственного регулирования труда предполагает рассматривать как подсистему общего механизма регулирования экономической системы в целом, это своего рода «механизм равновесия».

Государство регулирует труд работников, занятых во вредных условиях труда, через механизмы всевозможных компенсаций, зачастую не определяя эффективность данных дотаций.

Являясь главным регулятором гарантий за вредные условия труда, государство определяет правила регулирования взаимоотношений работников и работодателей.

Вместе с тем, как показывает международный опыт, механизмы государственного регулирования в сфере трудовых отношений должны быть прозрачными и носить системный характер.

Таким образом, следует отметить, что современный государственный механизм регулирования труда работников, занятых во вредных условиях труда, представляет собой комплекс социально-экономических, организационно-технических и лечебно-профилактических мероприятий, объединенных и направленных на основную цель — социальную защиту работников. Все мероприятия должны

быть взаимоувязаны и взаимно поддерживать друг друга. Главное, чтобы содержание этих мероприятий на практике не противоречило друг другу, что в дальнейшем и определило основные направления проводимой научной работы.

Результатом же данной работы должны явиться научно-обоснованные рекомендации по предоставлению государственных гарантий работникам различных отраслей, занятых в тяжелых, вредных и опасных условиях труда, которые будут одним из результатов комплексной темы исследований.

Решением по данной проблеме станут:

- предоставление компенсаций и гарантий за вредные условия труда на основе объективной оценки условий труда (по результатам аттестации рабочих мест);
- актуализация нормативно-правовой основы регулирования труда работников, занятых во вредных условиях труда с учетом современного состояния отраслей и видов производств.

При этом, разрабатываемые мероприятия в обеспечении новых подходов должны реализовываться комплексно, образуя в общей системе управления производством, подсистему управления безопасностью и охраной труда.

Системная оценка и формирование положений разрабатываемых рекомендаций, связанных с адаптацией к изменениям социально-экономических, организационно-технических и лечебно-профилактических мероприятий по управлению охраной труда определена в качестве актуальной и значимой по отношению к конкретному прорабатываемому направлению исследований.

Работодатели, использующие в своей работе результаты данных исследований должны учитывать, что степень и форма этой адаптации может меняться в зависимости от характера и степени риска. Характер и степень адаптации в каждой конкретной ситуации будет зависеть от затрат и усилий, прилагаемым работодателем для внедрения различных стратегий адаптации для достижения устойчивости развития как в каждой отдельной области, так и в комплексе проводимых мероприятий.

Положения по изменению социально-экономических, организационно-технических и лечебно-профилактических мероприятий по управлению охраной труда, могут включать в себя:

- политику и планирование подходов к изменениям в стратегии управления;
- модификацию, перемещение или замену существующей инфраструктуры;

- изменение операций или режимов технического обслуживания.

Когда необходимо проведение действия для адаптации, работодатели должны принять систематический процесс выявления и оценки вариантов, чтобы спланировать наиболее подходящие стратегии адаптации. Разрабатываемые меры и мероприятия, рекомендации по совершенствованию, руководящие принципы и требования могут быть использованы для работы в различных направлениях. Тем не менее, не существует готовых решений на все случаи жизни. Вместе с тем, работодатели предприятий и организаций должны определить для себя лучшие и доступные, авторитетные и достоверные данные, которые они могут использовать в своей работе для достижения ожидаемого результата.

Таким образом системная оценка комплекса взаимосвязанных социально-экономических, организационно-технических и лечебно-профилактических мероприятий по управлению охраной труда, направленная на совершенствование гарантий за вредные условия труда работников позволит усовершенствовать систему управления охраной труда и достичь устойчивости развития в комплексе проводимых мероприятий в Республике Казахстан.

### Список литературы:

1. Конституция Республики Казахстан от 30 августа 1995 года.
2. Конвенция МОТ № 187 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда» (Женева, 15 июня 2006 года). Ратифицирована Законом РК от 20.10.2014 г. № 243-V).
3. Статистические бюллетени Агентства Республики Казахстан по статистике.
4. Трудовой кодекс Республики Казахстан от 15 мая 2007 г. № 251-III (с изм. и доп. по состоянию на 21.07.2015 г.).

**ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ  
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ  
НА ОБЪЕКТАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

***Ляпина Вера Валентиновна***

*директор,  
Общество с ограниченной ответственностью «Индастриал Сейфти»,  
РФ, г. Уфа  
E-mail: [i\\_safety@mail.ru](mailto:i_safety@mail.ru)*

***Бурмистрова Алла Борисовна***

*заместитель директора,  
Общество с ограниченной ответственностью «Индастриал Сейфти»,  
РФ, г. Уфа  
E-mail: [i\\_safety@mail.ru](mailto:i_safety@mail.ru)*

***Денисенко Екатерина Николаевна***

*начальник отдела экспертизы промышленной безопасности,  
Общество с ограниченной ответственностью «Индастриал Сейфти»,  
РФ, г. Уфа  
E-mail: [i\\_safety@mail.ru](mailto:i_safety@mail.ru)*

**PECULIARITIES OF CARRYING OUT EXPERT  
EXAMINATION OF PROJECT DOCUMENTATION SAFETY  
ONSITE OF TRANSIT PIPELINES**

***Vera Lyapina***

*director of LLC “Industrial Safety”,  
Russia, Ufa*

***Alla Burmistrova***

*vice Manager of LLC “Industrial Safety”,  
Russia, Ufa*

***Ekaterina Denisenko***

*head of Safety Expert Review Division, LLC “Industrial Safety”,  
Russia, Ufa*

## АННОТАЦИЯ

В статье раскрываются вопросы обеспечения промышленной безопасности в нефтяной и газовой промышленности посредством проведения экспертизы промышленной безопасности проектной документации.

## ABSTRACT

The article deals with issues of industrial safety in the oil and gas industry by means of carrying out industrial safety expertise of project documentation.

**Ключевые слова:** проектная документация; нефтяная и газовая промышленность; опасный производственный объект; экспертиза промышленной безопасности.

**Keywords:** project documentation; oil and gas industry; dangerous industrial facility; industrial safety expertise.

Российская Федерация занимает второе место в мире по протяженности магистральных трубопроводов, транспортирующих нефть, попутный и природный газ. Такая протяжённость линейных объектов затрагивает интересы многих субъектов Российской Федерации, влияя на их социально-экономические условия и окружающую среду. Ввиду этого, в случае возникновения аварийной ситуации или утечки на трубопроводе масштаб нанесённого ущерба будет несоизмеримо высок.

Помимо серьёзного экономического ущерба необходимо учитывать экологические и социальные последствия. Причём, на устранение экологических последствий в местах аварий порой необходимы годы, а некоторые экосистемы могут быть нарушены безвозвратно. Таким образом, процесс ликвидации последствий аварии значительно сложнее, чем её предотвращение. Согласно сведениям Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору основными причинами возникновения аварий на объектах магистральных трубопроводов являются:

- механические повреждения трубопровода в процессе проведения земляных работ;
- нарушения требований эксплуатации, в том числе ошибочные действия персонала, связанные с отсутствием необходимой квалификации;
- коррозионное разрушение металла трубопровода (холодная коррозия);

- заводские дефекты оборудования и материала (сварочные дефекты, дефекты оборудования);
- природные стихийные бедствия.

Многие из вышеперечисленных причин зачастую возникают в особо сложных (экстремальных) условиях эксплуатации магистральных трубопроводов.

К таким условиям можно отнести объекты, эксплуатируемые в условиях Крайнего Севера. Континентальный климат, при котором зимний период составляет до 9 месяцев и средняя температура в течении этого периода колеблется от  $-30$  до  $-50$  °С в значительной степени может повлиять на безопасность объектов. Вследствие этого, для обеспечения безопасности и предотвращения аварий на объектах магистральных трубопроводов в особых условиях эксплуатации помимо жёсткого соблюдения всех требований промышленной безопасности, техники безопасности и охраны труда нужно уделять особое внимание и разработке проектной документации на магистральные трубопроводы. Таким образом, в проектной документации необходимо разрабатывать меры, направленные на предупреждение аварий на магистральных трубопроводах, основными из которых являются:

- увеличение толщины стенки трубопровода и его глубины залегания;
- повышение требований к категории защитного покрытия и режимам средств электрохимической защиты, внедрение систем коррозионного мониторинга;
- устройство и применение защитного футляра, обетонирования, защитных плит,
- дополнительных обвалований и защитных стенок;
- прокладка трубопровода в тоннеле;
- укрепление грунта (берегов) и устройство отводящих систем (каналов, канав);
- ведение мониторинга технического состояния трубопровода.

В проектной документации объектов магистральных трубопроводов, предназначенных для транспортирования широкой фракции лёгких углеводородов, необходимо разрабатывать дополнительные меры безопасности, направленные на предупреждение опасностей для населения и обслуживающего персонала, в том числе:

- ограничение диаметра проектируемого трубопровода не более 400 мм;

- повышение требований к металлу труб по прочности, стойкости тела трубы к распространению вязкого разрушения, по трещиностойкости;
- проведение регулярной внутритрубной диагностики для определения технического состояния трубопровода.

Кроме того, при подготовке проектной документации на магистральные трубопроводы рекомендуется внедрение и подбор новых материалов и современных технологий, обеспечивающих надёжную эксплуатацию и бесперебойность процессов, и позволяющих значительно повысить эффективность и безопасность проведения работ во время строительства и капитального ремонта объектов магистрального нефтепровода.

Для всей эксплуатационной и проектно-сметной документации должно быть обеспечено надлежащее хранение. Осуществление и соблюдение всех вышеуказанных рекомендаций позволят предотвратить аварийные ситуации на особо опасных участках магистральных трубопроводов, сэкономить средства на локализацию и ликвидацию аварий и уберечь окружающую среду и персонал от негативных последствий.

### Список литературы:

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями на 13.07.2015) // Курьер. Еженедельник официальной информации (приложение к «РВ») № 22, 29.07.97 Ведомости Федерального Собрания Российской Федерации № 24, 21.08.97 Собрание законодательства Российской Федерации, № 30, 28.07.97, ст. 3588 Российская газета, № 145, 30.07.97.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности». Утверждены Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14.11.2013 № 538 // Российская газета, № 296, 31.12.2013.
3. Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов». Утверждены Приказом Ростехнадзора от 06.11.2013 № 520 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 1, 06.01.2014.

**ОБЗОР ОСНОВНЫХ НАРУШЕНИЙ ТРЕБОВАНИЙ  
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ  
НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО  
И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА**

**Ляпина Вера Валентиновна**

директор,  
Общество с ограниченной ответственностью «Индастриал Сейфти»,  
РФ, г. Уфа  
E-mail: [i\\_safety@mail.ru](mailto:i_safety@mail.ru)

**Бурмистрова Алла Борисовна**

заместитель директора,  
Общество с ограниченной ответственностью «Индастриал Сейфти»,  
РФ, г. Уфа  
E-mail: [i\\_safety@mail.ru](mailto:i_safety@mail.ru)

**Денисенко Екатерина Николаевна**

начальник отдела экспертизы промышленной безопасности,  
Общество с ограниченной ответственностью «Индастриал Сейфти»,  
РФ, г. Уфа  
E-mail: [i\\_safety@mail.ru](mailto:i_safety@mail.ru)

**SURVEY OF BASIC REQUIREMENTS VIOLATION  
OF INDUSTRIAL SAFETY IN SERVICE  
OF PETROCHEMICAL AND REFINING  
COMPLEX OBJECTS**

**Vera Lyapina**

director of LLC “Industrial Safety”,  
Russia, Ufa

**Alla Burmistrova**

vice Manager of LLC “Industrial Safety”,  
Russia, Ufa

**Ekaterina Denisenko**

head of Safety Expert Review Division, LLC “Industrial Safety”,  
Russia, Ufa

## АННОТАЦИЯ

Плановые проверки Ростехнадзора имеют предупредительный характер, помогая предприятиям обнаруживать несоответствия современным требованиям промышленной безопасности с целью их оперативного устранения и недопущения инцидентов и аварийных ситуаций в процессе производства. В данной статье рассматриваются основные нарушения требований промышленной безопасности при эксплуатации объектов нефтехимического и нефтеперерабатывающего комплекса, выявленные органами Ростехнадзора в процессе плановых проверок.

## ABSTRACT

Scheduled inspections of Russian Technical Supervisory Authority have preventive nature assisting businesses to detect deficiencies of modern requirements of industrial safety for the purpose of their eliminating and preventing operational incidents and accidents during the manufacturing process. Main violations of industrial safety in service of petrochemical and refining complex objects are considered and are identified by Russian Technical Supervisory Authority during scheduled inspections in the article.

**Ключевые слова:** промышленная безопасность; нарушения; предписания; нефтехимическое производство; нефтеперерабатывающее производство; требования промышленной безопасности.

**Keywords:** industrial safety; violations; instructions; petrochemical production; refining production; industrial safety requirements.

Процесс развития российского промышленного производства создаёт благоприятную базу для процветания общества, но в то же время является потенциальным источником опасности. От состояния опасных производственных объектов зависит здоровье и жизнь граждан, обеспечение их всеми видами ресурсов и экологическая обстановка.

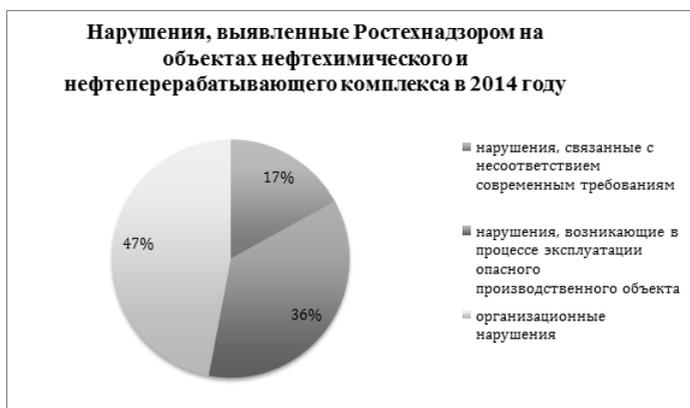
На сегодняшний день российский нефтехимический и нефтеперерабатывающий комплекс характеризуется значительной изношенностью основных фондов и низким качеством нефтепродуктов. Большинство российских нефтехимических и нефтеперерабатывающих объектов были введены в эксплуатацию более 50 лет назад и требуют серьёзной модернизации в соответствии с современными требованиями проектирования, а также постоянного контроля за исполнением требований промышленной безопасности.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) ежегодно проводит плановые проверки на объектах нефтехимического и нефтеперерабатывающего

комплекса Российской Федерации, в ходе которых выявляются многочисленные нарушения законодательства о промышленной безопасности. Все нарушения, недостатки и сроки их устранения отражаются в предписаниях, выданных органами власти.

В результате анализа предписаний плановых проверок предприятий нефтехимического и нефтеперерабатывающего комплекса за 2014 год органами Ростехнадзора основные нарушения можно условно классифицировать:

- нарушения, связанные с несоответствием современным требованиям;
- нарушения, возникающие в процессе эксплуатации опасного производственного объекта;
- организационные нарушения (Рисунок 1).



**Рисунок 1. Нарушения, выявленные Ростехнадзором на объектах нефтехимического и нефтеперерабатывающего комплекса в 2014 году.**

Самое большое количество, выявленных нарушений (примерно 47%) связаны с несоответствием современным требованиям промышленной безопасности. К таким нарушениям зачастую относятся не проведение модернизации и реконструкции устаревшего оборудования, отсутствие современных систем предупредительных сигнализаций, автоматических блокировок и дистанционного отключения технологического оборудования, систем контроля уровня жидкости на аппаратах, а так же непредусмотренные первоначальным проектом некоторые факельные системы, системы удаления остатков нефтепродуктов с технологического оборудования и т. д. Кроме того,

на многих объектах нефтехимического и нефтеперерабатывающего комплекса не разработаны и не внедрены автоматизированные системы управления установок с применением средств микропроцессорной и вычислительной техники, обеспечивающей автоматическое регулирование процесса и безаварийную остановку производства по специальным программам, что является обязательным требованием промышленной безопасности для нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.

К нарушениям, возникающим в процессе эксплуатации опасного производственного объекта можно отнести отступления от технологического регламента в процессе производства, отсутствие защитных ограждений, регистрационных табличек, маркировочных окрасов, обрыв заземлений насосов, нарушение изоляций трубопроводов, наличие подтёков нефтепродукта на аппаратах, нарушение герметичности во фланцевых соединениях и вентилях резервуаров, нарушения антикоррозийной защиты металлических конструкций, отсутствие средств пожаротушения и т. д. Вышеперечисленные нарушения составляют 36 % от общего количества нарушений на опасном производственном объекте.

Организационные нарушения на производстве занимают третье место среди всех нарушения, составляя 17 %. К наиболее распространённым нарушениям можно отнести отсутствие или наличие просроченных аттестационных удостоверений на право выполнения определённых видов работ (сварка, электробезопасность, работы на высоте, работа на грузоподъёмных механизмах), отсутствие различных инструкций, приказов, журналов, экспертиз промышленной безопасности (зданий, сооружений, технических устройств), несвоевременную диагностику и освидетельствование технических устройств и обучение технического персонала позже установленных сроков.

Устранение нарушений и поддержание должного уровня промышленной безопасности на опасном производственном объекте является не только ключевой задачей собственника и первого руководителя, но и непосредственных исполнителей работ. В то время как для устранения нарушений, связанных с несоответствием современным требованиям промышленной безопасности собственники и руководители должны выделять значительные финансовые средства и создавать резервные фонды на модернизацию и техническое перевооружение, другие нарушения во многом зависят от личной ответственности и профессионализма персонала.

Таким образом, все нарушения требований промышленной безопасности, обнаруженные в процессе проверок органами власти

должны устраняться в установленные сроки, не допуская возникновения инцидентов и аварийных ситуаций на производстве.

### Список литературы:

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями на 13.07.2015) // Курьер. Еженедельник официальной информации (приложение к «РВ») № 22, 29.07.97 Ведомости Федерального Собрания Российской Федерации № 24, 21.08.97 Собрание законодательства Российской Федерации, № 30, 28.07.97, ст. 3588 Российская газета, № 145, 30.07.97.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Утверждены Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.03.2013 № 96 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 23, 10.06.2013.
3. ПБ 09-563-03 Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств. Утверждены постановлением Госгортехнадзора РФ от 29.05.2003 № 44 // Российская газета, № 120/1, 21.06.2003 (специальный выпуск).
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением». Утверждены Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.03.2014 № 116 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 38, 22.09.2014.

## СЦЕНАРНАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ГАЗОПРОВОДОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА

**Гайдукова Екатерина Владимировна**

канд. техн. наук, доцент Российского государственного  
гидрометеорологического университета (РГГМУ),  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [oderiut@mail.ru](mailto:oderiut@mail.ru)

**Судакова Наталья Валерьевна**

аспирант, Российский государственный  
гидрометеорологический университет (РГГМУ),  
РФ, г. Санкт-Петербург

**Бонгу Сотима Эрнесто**

аспирант, Российский государственный  
гидрометеорологический университет (РГГМУ),  
РФ, г. Санкт-Петербург

## SCENARIO SAFETY ASSESSMENT PIPELINES IN CLIMATE CHANGE

***Ekaterina Gaidukova***

*Ph.D., associate professor  
of Russian State Hydrometeorological University (RSHU),  
Russia, St. Petersburg*

***Natalya Sudakova***

*graduate student, Russian State Hydrometeorological University (RSHU),  
Russia, St. Petersburg*

***Bongu Sotima Ernesto***

*graduate student, Russian State Hydrometeorological University (RSHU),  
Russia, St. Petersburg*

*Исследования финансировались Министерством образования  
и науки Российской Федерации в рамках проектов № 14.В37.21.0678,  
№ 1413*

## АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается географическое распределение аномальных зон формирования максимального слоя стока весеннего половодья в перспективе климатических изменений в речных бассейнах России, пересекаемых магистральными газопроводами. Для выявления аномалий применяется методология оценки гидрологических последствий изменения климата, основанная на использовании уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова.

## ABSTRACT

The geographic distribution of the anomalous zones of forming maximum runoff in the long term climate change in river basins of Russia with the pipelines is considered in the article. To detect anomalies applied assessment methodology of hydrological impacts of climate change, based on the use of Fokker-Planck-Kolmogorov equation.

**Ключевые слова:** максимальный сток; многолетний речной сток; изменение климата; оценка последствий изменения климата.

**Keywords:** the maximum runoff; long-term river runoff; climate change; assessment of the impact of climate change.

**Введение.** В связи с происходящими климатическими изменениями появляется мотивация к изучению их последствий для экономики, экологии и национального хозяйства России в целом. В этой комплексной проблеме центральное место занимают вопросы, связанные с изменениями географических закономерностей распределения различных видов многолетнего речного стока в результате реализации тех или иных климатических сценариев. Целью данного исследования является оценка географического распределения аномальных зон формирования максимального слоя стока весеннего половодья в перспективе климатических изменений в речных бассейнах России, пересекаемых магистральными газопроводами.

Добываемый в Российской Федерации газ поступает в магистральные газопроводы, которые объединены в Единую систему газоснабжения. В состав этой системы входят 161,7 тыс. км магистральных газопроводов и отводов, 215 линейных компрессорных станций, 6 комплексов по переработке газа и газового конденсата, 25 объектов подземного хранения газа [1]. Газопроводы покрывают практически всю Европейскую и юг Азиатской территории России, пересекая водные преграды, относящиеся к различным водосборам (рис. 1).



**Рисунок 1. Единая система газоснабжения России [1]**

**Методика оценки долгосрочных изменений вероятностных характеристик максимального стока.** На кафедре гидрофизики и гидропрогнозов РГГМУ была разработана методология долгосрочной оценки гидрологических последствий изменения климата [2; 3]. В ее основе лежит уравнение Фоккера–Планка–Колмогорова, которое аппроксимируется системой алгебраических уравнений для начальных моментов  $m_n$  ( $n = 1, 2, 3, 4$ ). При ряде допущений (см. [3]) эта система сводится к следующему виду:

$$\begin{aligned} -\bar{c}m_1 + \bar{N} &= 0, \\ -2\bar{c}m_2 + 2\bar{N}m_1 + G_{\bar{N}} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

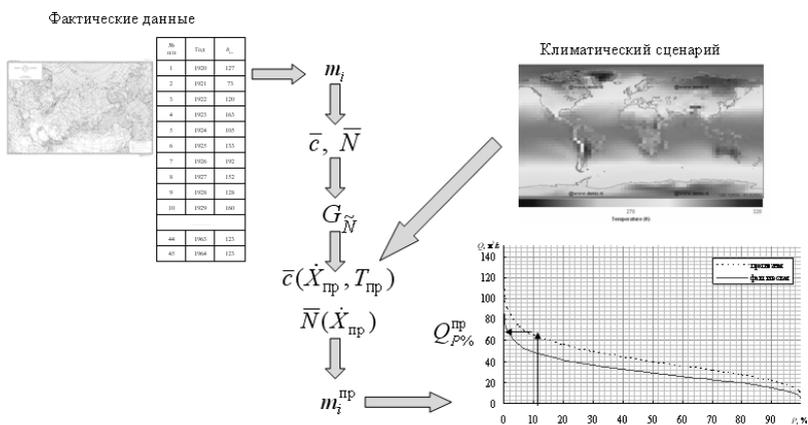
где:  $\bar{c} = 1/k\tau$  — параметр обратный коэффициенту стока  $k$  и времени релаксации речного бассейна  $\tau$ , отражающий свойства подстилающей поверхности водосбора (для многолетнего стока  $\tau = 1$  год);

$m_1, m_2$  — первый и второй начальные моменты, зная которые можно определить норму и коэффициент вариации стока;

$\bar{N} = \dot{X}/\tau$  — показатель нормы интенсивности осадков  $\dot{X}$ ;

$G_{\bar{N}}$  — интенсивность внешнего климатического шума, связанного с показателем  $N$ .

Алгоритм долгосрочной оценки сводится к следующим действиям (рис. 2): в начале по рядам наблюдений вычисляются  $m_i$ , затем производится параметризация системы уравнений (1) — находится численное значение параметра, отвечающего за интенсивность внешнего климатического шума. Затем параметры системы изменяются за счет факторов подстилающей поверхности ( $\bar{c}$ ) или/и за счет климата ( $\dot{X}_{\text{пр}}$ ,  $T_{\text{пр}}$  — прогнозные значения норм осадков и температуры воздуха). Далее производится вычисление новых оценочных моментов  $m_n$ , по которым определяются прогнозные гидрологические характеристики (норма, коэффициенты вариации и асимметрии), зная которые можно построить прогнозные кривые обеспеченности и оценить значения расходов любой обеспеченности ( $Q_{P\%}$ ).



**Рисунок 2.** Алгоритм долгосрочной оценки последствий изменения климата

Рассмотренную методику можно применить не только к оценке безопасности магистральных газопроводов (в газовой промышленности), но и в таких секторах экономики как гидроэнергетика, сельское хозяйство, строительное проектирование, мелиорация [7] и рыбное хозяйство.

**Исходные данные.** Для речных бассейнов расположенных на территории распространения газопроводов была собрана база данных по максимальному стоку половодья. В исследовании рассматривались гидрологические станции наблюдений, у которых площадь водосбора находится в пределах от 1500 до 50 000 км<sup>2</sup>,

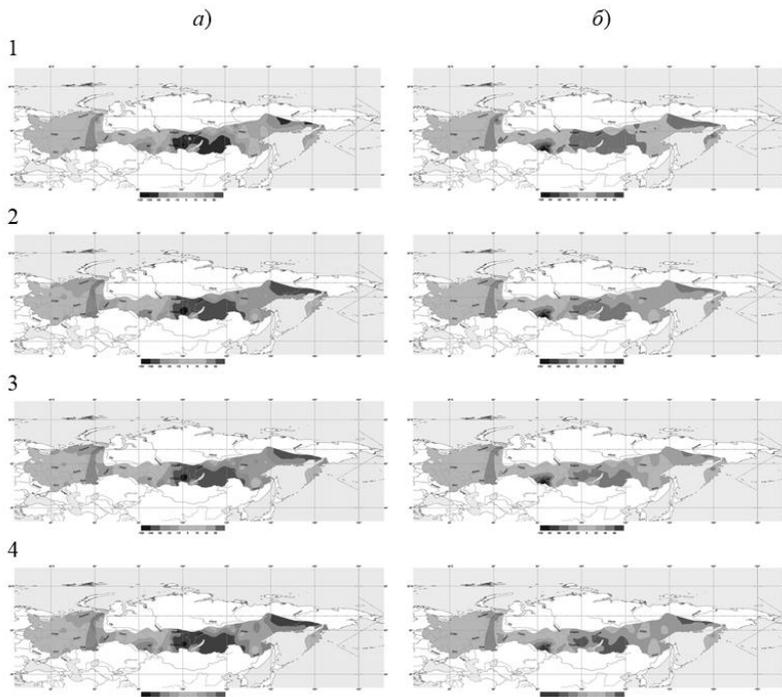
и имеются продолжительные ряды наблюдений за суммарным слоем стока весеннего половодья за период до 1980 года, именно до этого года информация по постам распространена и является общедоступной. Кроме того, примерно с этого года начинаются статистически значимые тренды по средним показателям стока, связанные предположительно с изменениями климата [5]. Всего получилось 314 речных бассейнов.

Гидрологические ряды были статистически обработаны: проверены на однородность по критериям Стьюдента и Фишера, построены разностно-интегральные кривые для подтверждения наличия многоводных и маловодных фаз водности, определены погрешности статистических характеристик.

Информация о фактических нормах осадков за период с 1931 по 1990 гг. и прогнозных нормах осадков была взята с сайта <http://www.ipcc-data.org> [6]. Данные о нормах осадков использованы при определении коэффициентов максимального стока  $k$  по аналогии с годовым стоком [4].

**Выявление аномальных зон формирования максимального стока.** С использованием климатических сценариев COMMIT, SRA1B, SRA2, SRB1 (модель HadCM3) по описанной методике были рассчитаны прогнозные нормы стока, коэффициентов вариации, коэффициентов асимметрии на период с 2040 по 2069 год. Три из четырех климатических сценария (SRA1B, SRA2, SRB1) относятся, к так называемым, «политическим» сценариям, учитывающим различные темпы экономического развития и роста плотности населения наряду с учетом концентрации парниковых газов в атмосфере. Сценарий COMMIT подразумевает, что тенденция изменения концентрации парниковых газов останется на уровне XX века.

С практической точки зрения, интересны не столько прогнозные значения гидрологических характеристик, сколько отклонение прогнозных значений от фактических. По таким отклонениям выявлены и нанесены на карты аномальные зоны формирования максимального стока (рис. 3). Под аномальными зонами понимается совокупность бассейнов, в которых отклонение прогнозных от фактических норм стока превышает 15 %, для коэффициента вариации — 20 %. Подобные процентные значения связаны с погрешностями определения рассматриваемых характеристик. Следует отметить, что при прогнозах были взяты постоянные коэффициенты стока, т. е. предполагается, что в будущем климате коэффициент максимального стока останется неизменным.



**Рисунок 3. Распределение зон аномалий норм (а) и коэффициентов вариации (б) максимального стока по сценариям COMMIT (1), SRA1B (2), SRA2 (3), SRB1 (4)**

На рис. 3 видно, что норма суммарного слоя стока за половодье по всем сценариям на территории Восточной Сибири увеличивается, в Западной Сибири уменьшается, а на ЕТР изменяется незначительно, по сравнению с фактическими значениями. Разница сценарных норм от фактических достигает 300 мм, в среднем составляет 25 мм. Прогнозные значения коэффициентов вариации по всем сценариям в Восточной Сибири уменьшаются, в Западной Сибири увеличиваются, а в ЕТР изменяются незначительно.

Большая часть Восточной Сибири находится в аномальных зонах по норме по всем четырем сценариям (COMMIT, SRA1B, SRA2, SRB1). К таким зонам относятся бассейны верхних течений рек Кольма, Алдан, Лена, Амур, Ангара, Енисей (отклонения достигают – 140 %). В Западной Сибири к аномальным зонам относятся бассейн

реки Тобол и бассейн верхнего течения реки Обь (отклонения достигают 50 %). На остальной территории Западной Сибири отклонения прогнозных норм остаются в пределах 15 %. Большая часть ЕТР находится в благоприятных зонах по норме по всем сценариям. По сценариям SRA1B, SRA2, SRB1 к аномальным зонам относятся бассейн реки Печора и несколько небольших одиночных районов в бассейне реки Волга (отклонения достигают –30 %).

На территории Восточной Сибири зоны аномалий по коэффициенту вариации распространяются на бассейны верхних течений рек Колыма, Алдан, Лена, Амур, Ангара, Енисей (отклонения достигают 60 %). В Западной Сибири к зонам аномалий по коэффициенту вариации относятся бассейн реки Тобол и бассейн верхнего течения реки Обь (отклонения достигают –100 %). Для ЕТР самый благоприятный сценарий COMMIT. По этому сценарию отклонения прогнозных коэффициентов вариации остаются в пределах 20 %. По сценариям SRA1B, SRA2, SRB1 к аномальным зонам по коэффициенту вариации относится бассейн нижнего течения реки Печора.

**Выводы.** Выявлены статистически значимые отклонения сценарных оценок от фактических значений вероятностных характеристик многолетнего максимального речного стока (аномальные зоны) в перспективе климатических изменений для речных бассейнов России, пересекаемых магистральными газопроводами. В аномальных зонах следует ожидать изменения характеристик стока, которые повлияют на характеристики стока наносов и, следовательно, на нагрузки на переходы газопроводов через водные преграды, деформации береговых и русловых участков, оголение или обнажение подводных газопроводов.

### Список литературы:

1. ГАЗПРОМ // ГАЗПРОМ. — 2015. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.gazprom.ru>. Свободный. — На рус. яз.
2. Коваленко В.В., Викторова Н.В., Гайдукова Е.В. Моделирование гидрологических процессов. Изд. 2-е, испр. и доп. Учебник. — СПб.: изд. РГТМУ, 2006. — 559 с.
3. Методические рекомендации по оценке обеспеченных расходов проектируемых гидротехнических сооружений при неустановившемся климате. / Под ред. В.В. Коваленко — СПб.: изд. РГТМУ, 2010. — 50 с.
4. Шевнина Е.В. Анализ связи норм годовых и зимних осадков с нормами стока весеннего половодья рек Российской Арктики // Ученые записки РГТМУ, — № 20, — 2011. — С. 6—12.

5. Шевнина Е.В. Параметризация модели формирования стока весеннего половодья на территории Российской Арктики // Ученые записки РГГМУ, — № 21, — 2011. — С. 38—46.
6. The IPCC Assessment Reports // IPCC. — 2009. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.ipcc.ch>. Свободный. — На англ. яз.
7. Viktor V. Kovalenko and Ekaterina V. Gaidukova. The phenomenon of nonzero norm of long-term changes in the total water supply in river basins // American Journal of Environmental Sciences, Volume 11, Issue 2, Pages 76—80, 2015. — DOI: 10.3844/ajessp.2015.76.80.

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТЕНКИ РЕЗЕРВУАРА**

*Глянько Максим Анатольевич*

*специалист, АО «ИркутскНИИХиммаш»,  
РФ, г. Иркутск*

*E-mail: [Glyanko@mail.ru](mailto:Glyanko@mail.ru)*

## **ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION AND CALCULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE CONDITION OF THE WALL OF THE TANK**

*Maksim Glyanko*

*specialist, “Irkutskniikhimmash”,  
Russia, Irkutsk*

### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассматривается технология проведения оценки технического состояния и расчет напряженно-деформированного состояния металлоконструкций, в частности, стенки резервуара на наличие допустимых и недопустимых дефектов согласно действующей нормативной и руководящей технической документации. Предложенная технология обеспечивает минимальный уровень опасности выявленных дефектов в зависимости от фактических условий эксплуатации резервуара.

## ABSTRACT

In article the technology of carrying out an assessment of technical condition and calculation of the stress-strain state of metal parts, in particular, of a tank wall on existence of acceptable and unacceptable defects under the current regulatory and management technical documentation is considered. The offered technology provides a minimum level of danger of the revealed defects depending on the actual conditions of the tank.

**Ключевые слова:** резервуар; напряженно-деформированное состояние; техническое состояние; дефекты.

**Keywords:** the tank; stress-strain state; technical condition; defects.

Последние годы показали, что российский рынок нефтедобычи и нефтепереработки растет стремительными темпами, а количество продуктов переработки поставляемых, как на внутренний рынок, так и за рубеж, увеличивается с каждым годом. Увеличение объемов добычи и переработки нефти сопровождается производством нефтегазового оборудования для приема, хранения и транспортировки нефтепродуктов. В состав такого оборудования входят резервуары, которые используются в технологических системах для хранения продуктов нефтепереработки.

Резервуары в зависимости от формы бывают двух видов: резервуары РВС (резервуар вертикальный стальной) и резервуары РГС (резервуар горизонтальный стальной). В зависимости от установки, горизонтальные резервуары подразделяются на подгруппы, т. е. надземные резервуары и подземные резервуары.

Резервуары представляют собой сложное техническое сооружение, состоящее из основания (фундамента), металлоконструкций — днища, стенки резервуара, понтона, крыши, вспомогательных конструкций, предохранительных устройств, трубопроводов различного назначения, которые отличаются, как по своему исполнению, так и по характеру возникающих в процессе монтажа и эксплуатации в них дефектов. Поэтому в процессе эксплуатации резервуары периодически подвергаются обследованию, по результату которого оценивается техническое состояние.

Порядок проведения и периодичность описан в руководящих документах Ростехнадзора России:

- РД 08-95-95 «Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов» [5];

- РД 153-112-017-97 «Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров» [2].

Обследования подразделяют на частичное и полное обследование.

Частичное обследование включает в себя: визуальный осмотр резервуара с наружной стороны, измерение толщины листов стенки и кровли, измерение отклонений образующих от вертикали, местных деформаций стенки, нивелирование окрайки днища, проверку состояния подводящих трубопроводов, основания и отмостки фундамента.

Полное обследование включает в себя: визуальный осмотр резервуара с внешней и внутренней стороны, осмотр понтона, кровли или плавающей крыши, измерение толщины листов поясов стенки, кровли, днища, понтона кровли или плавающей крыши, контроль сварных соединений неразрушающими методами, измерение расстояний между понтоном (плавающей крышей) и стенкой, отклонения от вертикали направляющих и вертикальных стенок коробов, проверка состояния уплотнения между понтоном (плавающей крышей) и стенкой, измерения линейных размеров коррозионных повреждений стенки и днища, деформаций стенки и днища.

По результатам проведённого частичного или полного обследования производится оценка технического состояния.

При проведении оценки технического состояния резервуаров нужно учитывать такие факторы, как: свойства содержащейся жидкости в резервуаре, уровень заполнения резервуара, цикличность нагрузки, экстремальные условия окружающей среды (низкая температура, ветер, снег и т. д.), характер обнаруженных при обследовании дефектов.

В настоящее время существуют технология и расчетные методики оценки технического состояния РВС. В качестве примера следует рассмотреть одну из существующих групп дефектов, таких как: геометрическое отклонение стенки резервуара от цилиндрической формы, установленной проектной документацией (например, выбоины, вмятины, угловатость сварных швов стенки, отклонение от вертикали стенки резервуара).

Для обнаруженных дефектов стенки резервуара производятся расчеты двух основных типов:

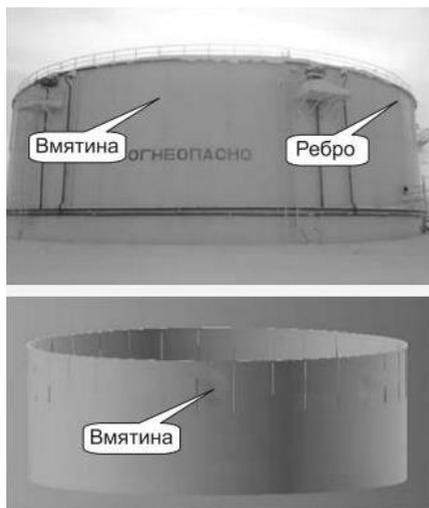
1. расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) стенки резервуара для выявления дефектов геометрии;
2. расчет числа циклов нагрузки для разрушения конструкции с дефектами металла или сварных соединений, срок допустимой

эксплуатации металлоконструкции с целью получения оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) стенки резервуара.

Следует отметить, что данная технология и расчетные методики позволяют рассчитывать напряженно-деформированное состояние металлоконструкций при наличии допустимых и недопустимых дефектов, согласно действующей нормативной и руководящей технической документации [1; 2].

Моделирование стенки резервуара и расчеты напряженно-деформированного состояния производятся согласно методике с применением программного комплекса ANSYS (Программный комплекс ANSYS — это наиболее распространенная в мире программа конечно-элементного анализа общего назначения). Данная методика заключается в создании конечно-элементной модели, включающей в себя порядок шага, оценку точности полученных расчетов, учитывающей геометрические параметры стенки резервуара, толщины листов стенки по всей поверхности, механические свойства стали листов стенки, а также различные эксплуатационные нагрузки.

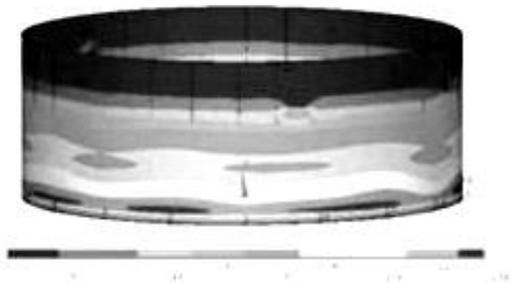
В качестве практического примера, следует привести результат обследования резервуара РВСП-10000, изготовленного из стали 09Г2С [3]. Допустим, в ходе обследования технического состояния резервуара обнаружена вмятина размером 3500x3000 мм со стрелой прогиба 75 мм, находящаяся на верхнем поясе стенки (рис. 2).



**Рисунок 2. Конечно-элементная модель стенки резервуара с дефектами**

Согласно действующему нормативу [1] дальнейшая эксплуатация резервуара с выявленным дефектом недопустима. Выявленный дефект подлежит устранению.

Наглядно расчет напряженно-деформированного состояния стенки резервуара представлен на рис. 3.



***Рисунок 3. Результаты расчета напряженно-деформированного состояния стенки резервуара***

Если учесть реальные условия эксплуатации резервуара, с учетом найденного дефекта, где максимальный порог напряжения в стенке резервуара не превышает 136 МПа при допустимом напряжении 169 МПа [4], то можно сделать вывод, что напряжение, имеющееся в стенке резервуара, не превышает допустимого значения. Таким образом, может выполняться условие безопасной эксплуатации резервуара с выявленным дефектом, в геометрическом отклонении стенки.

Результат выполнения расчетов срока допустимой безопасной эксплуатации стенки резервуара в зоне выявленного дефекта приведен в табл. 1.

В результате оценки технического состояния и расчетов, составляются рекомендации по дальнейшей эксплуатации резервуара, например, следующим образом: исследованный резервуар в дальнейшем годен к эксплуатации без устранения обнаруженных дефектов (вмятина, задиры, скопление газовых пар, несплошности (табл. 1 в течение 4,4 лет); при исправлении дефекта (см. дефект № 6 табл. 1) срок эксплуатации резервуара допускается к продлению до следующей очередной технической диагностики, т. к. другие дефекты кардинально не влияют на срок эксплуатации в течение 15 лет (см. дефект № 5, табл. 1).

Таблица 1.

## Результат расчета срока допустимой эксплуатации стенки

Стенка — срок эксплуатации — 4,4 года							
Наименование элемента	№ дефекта	Наименование дефекта, мм	Параметры дефекта, мм	Расположение дефекта, мм	Напряжения в зоне дефекта, МПа	№ пояса расположения дефекта	Срок безопасной эксплуатации, лет
Пояса стенки	1	Язвенная коррозия	500x1500x1	Пояс №1. Лист №23X=0; Y=750	136	1 пояс	19
	2	Подрез	Длина 15; глубина 1	Пояс №1. Лист №8X=0; Y=1160	130	1 пояс	Более 20
	3	Задир	Длина 10; глубина 2,5	Пояс №2. Лист №3X=210; Y=0	117	2 пояс	Более 20
Сварные швы	4	Скопление газовых пар	Скопление длиной 20; 0,1; глубина 2	Пояс №3. Лист №15X=2730; Y=0	100	3 пояс	Более 20
	5	Несплошность (УК)	Длина 50; глубина залегания 8; высота 4	Горизонтальный шов пояса 1, 2730 от 5 вертикального шва	115	2 пояс	15
	6	Несплошность (УК)	Длина 40; глубина залегания 6; высота 5	Горизонтальный шов пояса 1, 2730 от 19 вертикального шва	120	2 пояс	4,4

Таким образом, расчет напряженно-деформированного состояния стенки резервуара по данной методике показывает, что недопустимые напряжения не возникают в дефектной зоне при соблюдении проектных показателей наполнения резервуара.

Дефекты сварного шва стенки резервуара не препятствуют обеспечению безопасной работы на проектном уровне, а для дальнейшей эксплуатации их устранение не требуется. С дефектом «угловатость» резервуар допускается к эксплуатации с уровнем наполнения не более высоты 5-го пояса. При необходимости эксплуатации на более высоких уровнях наполнения, дефект требует устранения.

Рассмотренная методика расчета напряженно-деформированного состояния резервуара и его металлоконструкций, а также технология оценки технического состояния резервуара обеспечивают минимальный уровень опасности выявленных дефектов в зависимости от фактических условий эксплуатации резервуара.

Практическое использование предложенного подхода способствует технико-экономическому обоснованию целесообразности ремонта в зависимости от послеремонтного срока эксплуатации резервуара. Следовательно, эксплуатирующее предприятие получает инструментарий для того, чтобы в зависимости от загрузки резервуарного парка, финансовых и технических возможностей принимать обоснованное решение о продолжении эксплуатации резервуара без ремонта, выполнении текущего или капитального ремонта или демонтаже резервуара.

### **Список литературы:**

1. ВСН 311-89 «Монтаж стальных вертикальных цилиндрических резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов объемом от 100 до 50000 м<sup>3</sup>».
2. РД 153-112-017-97 «Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров».
3. ГОСТ 19281-2014 «Прокат повышенной прочности. Общие технические условия».
4. ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы расчёта на прочность».
5. РД 08-95-95 «Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов».

**Научное издание**

**«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ -  
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»**

Сборник статей по материалам  
LI международной научно-практической конференции

№ 10 (46)

Октябрь 2015 г.

Подписано в печать 31.10.15. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 9,375. Тираж 550 экз.

Издательство АНС «СибАК»  
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 4.  
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3