



**Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Рубцовский индустриальный институт (филиал)  
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»**

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХИКА И ТЕХНОЛОГИИ:  
ПРОБЛЕМЫ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Материалы X Всероссийской научно-практической конференции

16-17 октября 2020 г.

Рубцовск 2020

УДК 62  
С 56

Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции 16-17 октября 2020 г. / Под ред. к.ф.-м.н., доцента Е.А. Дудник; к.ф.-м.н., Л.А. Поповой / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2020. – 269 с.

В сборник материалов научно-практической конференции «Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы», проходившей в Рубцовском индустриальном институте 16-17 октября 2020 года, вошли статьи ученых, аспирантов и студентов вузов России и зарубежья, посвященные различным направлениям естественных, гуманитарных и технических наук.

В материалах конференции представлены результаты поисковых, инновационных, инженерных работ в области строительства, компьютерных технологий, энергетики, транспортных систем, технологических процессов, оборудования, экологической безопасности, экономики и педагогике. Могут быть интересны широкому кругу читателей студентам, аспирантам, преподавателям высших учебных заведений, среднеспециальных учреждений.

Стилистика текстов сохранена в авторской редакции.

Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов.

**ISBN 978-5-6045267-0-5**

**Научные редакторы:**

**Дудник Е.А.** - к.ф.-м.н., доцент, председатель секции «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

**Гриценко В.В.** - к.т.н., доцент, председатель секции «Прогрессивные технологические процессы и оборудование»

**Ястребов Г.Ю.** - к.т.н., доцент, председатель секции «Наземные транспортные системы»

**Михайленко О.А.** - к.т.н., председатель секции «Строительные технологии, машины, механизмы»

**Гончаров С.А.** - к.т.н., председатель секции «Энергосбережение и повышение энергоэффективности»

**Чернецкая Н.А.** - к.т.н., доцент, председатель секции «Проблемы экологической безопасности»

**Ремизов Д.В.** – к.э.н., председатель секции «Экономика и управление в машиностроительном производстве»

**Павлов А.Ю.** – к.ф.н., доцент, председатель секции «Образование. Педагогика. Гуманитарные науки»

**ISBN 978-5-6045267-0-5**

© Рубцовский индустриальный институт, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 1. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

<b>Антонянц Е.Н., Амельченко А.О., Истратова Е.Е.</b> Сравнение инструментов анализа и мониторинга сетевого трафика	6
<b>Архипов Ф.А., Попова Л.А.</b> Оценка рентабельности предприятия на основе доходов	10
<b>Боброва А.Е., Дудник Е.А.</b> Автоматизация учета документов в электронном хранилище	13
<b>Васеева Т.В., Альтман Е.А.</b> Модель сигнала электрической сети для измерения гармоник и интергармоник	18
<b>Гавриленко Т.В., Федорова Т.А.</b> Исследование метеорологических показателей, используемых при прогнозе зимней скользкости	24
<b>Герасименко П.В.</b> Математическое моделирование и прогнозирование ключевых показателей заражения жителей Санкт-Петербурга COVID-19 в период развития пандемии	28
<b>Гостеева А.И., Пустовских Д.А., Истратова Е.Е.</b> Исследование сетевого трафика локальной сети предприятия малого бизнеса	34
<b>Деев Р.</b> Исследование характеристики теплообмена шахматного пучка сдвоенных рядов каплевидных труб	37
<b>Дудник Е.А., Нагих С.С.</b> Разработка голосового ассистента для управления IoT устройством	43
<b>Дудник Е.А., Нагих Т.С.</b> SEO анализ сайта образовательного учреждения	48
<b>Дудник Е.А., Рогозянский А.Д.</b> Разработка электронной версии книги о патриархе Никоне	54
<b>Зайцев М.Д., Прискока Д.Д., Титов Ю.П.</b> Разработка интерпретатора Rease кода в код языка моделирования общего назначения GPSS	59
<b>Лунев В.К., Дудник Е.А.</b> Система управления IoT устройствами в локальной сети	65
<b>Маджидов А.Ш.</b> Математическое моделирование несимметричных коротких замыканий	69
<b>Маджидов А.Ш.</b> Расчет периодической составляющей тока короткого замыкания в произвольный момент времени	78
<b>Мальцев А.В., Тимохин П.Ю.</b> Распределенное вычисление освещенности объектов при моделировании тумана в виртуальной среде	84
<b>Попова Л.А., Широкова Е.С.</b> АРМ инженера станции технического обслуживания	89
<b>Страшнов Е.В., Омельченко Д.В.</b> Моделирование определения коллизий колес виртуального робота со сложным рельефом местности	94
<b>Фартышев Д.А., Ларина Н.А., Ремизов Д.В.</b> Прогнозирование экономической безопасности региона	99

<b>Шевченко А.С., Иванов Н.С.</b> Разработка информационной системы учета медицинской деятельности для здравпункта Рубцовского филиала АО «Алтайвагон»	104
<b>Шульман И.Б., Вольных Е.А.</b> Разработка интернет-приложения для информирования субъектов учебного процесса	112

## Секция 2. Прогрессивные технологические процессы и оборудование

<b>Алексеев Н.С., Капорин В.А., Иванов С.В.</b> Определение оптимальных параметров шлифования микропористых покрытий с применением ЭВМ	118
<b>Маджидов А.Ш.</b> Анализ переходных процессов в системах электроснабжения собственных нужд	123
<b>Мироненко Я.В.</b> Перспектива развития технологий диагностики высоковольтного электроэнергетического оборудования	130
<b>Попова А.А., Шубин И.Н., Алиев Р.Э.</b> Синтез и исследование нанопористого углеродного материала	136
<b>Смирнов А.В., Космынин А.В., Щетинин В.С., Хвостиков А.С.</b> Эффективность применения высокоскоростных роторных машин на бесконтактных подшипниках в современной технике	141
<b>Хвостиков А.С., Смирнов А.В., Гайнулин И.Ф.</b> Высокоскоростные турбогенераторы для утилизации низкопотенциальной энергии электрических станций	145

## Секция 3. Наземные транспортные системы

<b>Артеменко Е.М.</b> Работы по уменьшению уровня шума транспортной машины	150
<b>Макаренко Е.А.</b> Современные проблемы ограничения конкуренции в рамках закупок по страхованию грузов	153

## Секция 4. Строительные технологии, машины, механизмы

<b>Довгаль<sup>1</sup> А.Н., Бахтина<sup>1</sup> И.А., Корнеев<sup>2</sup> А.Н.</b> Анализ и пути повышения энергоэффективности насосного оборудования	159
<b>Дружченко<sup>1</sup> Д.С., Яровая<sup>1</sup> Е.Д., Бахтина<sup>1</sup> И.А., Корнеев<sup>2</sup> А.Н.</b> Оценка эффективности солнечных коллекторов в системах горячего водоснабжения при строительстве зданий в Алтайском крае	163
<b>Еськова<sup>1</sup> Н.Е., Бахтина<sup>1</sup> И.А., Корнеев<sup>2</sup> А.Н.</b> Параметризация семейств в Revit на примере фитингов канализационных трубопроводов	167
<b>Камышникова<sup>1</sup> Е.Ю., Бахтина<sup>1</sup> И.А., Корнеев<sup>2</sup> А.Н.</b> Определение тепловых потерь через наружное ограждение в современном программном комплексе	173
<b>Кириллова<sup>1</sup> А.Е., Бахтина<sup>1</sup> И.А., Корнеев<sup>2</sup> А.Н.</b> Анализ современного насосного оборудования на системы отопления	176
<b>Куценко Т.В., Шелихов Н.С.</b> Расчет долговечности герметизирующих и тентовых материалов	182

<b>Ларичкин<sup>1</sup> В.А., Бахтина<sup>1</sup> И.А., Корнеев<sup>2</sup> А.Н.</b>	
Проектирование и моделирование систем водяного пожаротушения в программном комплексе Revit	188
<b>Михайленко О.А.</b>	
Экспериментальное и численное исследования напряженно-деформированного состояния в торце деревянного элемента при ударных нагрузках	194
<b>Пантелеев<sup>1</sup> М.В., Бахтина<sup>1</sup> И.А., Корнеев<sup>2</sup> А.Н.</b>	
Семейства манометров и термометров водомерных узлов в Revit	202
<b>Тюнин<sup>1</sup> С.М., Бахтина<sup>1</sup> И.А., Корнеев<sup>2</sup> А.Н.</b>	
Анализ факторов, влияющих на интенсивность солнечного излучения, при определении потенциала солнечной энергетики	207

### **Секция 5. Энергосбережение и повышение энергоэффективности**

<b>Балашов О.П.</b>	
Повышение надежности цехового электроснабжения малых предприятий	211
<b>Зайцев А.О., Драгунов А.А., Аполон М.В., Балашов О.П.</b>	
Повышение надежности систем электроснабжения за счет замены коммутационного оборудования. Сравнительный анализ надежности вакуумного и элегазового выключателей	214
<b>Плеханов Г.В.</b>	
Перспективы технологий 3Д в условиях Алтайского края	218
<b>Черкасова Н.И., Гончаров С.А., Татарникова А.Н.</b>	
«Дерево отказов» и «дерево событий» для оценки риска распределительных электрических сетей	219
<b>Чернобай А.Б., Зверева А.А., Бондарев В.А., Ткаченко А.Е., Плеханов Г.В.</b>	
Преобразование звука в электричество	224

### **Секция 6. Проблемы экологической безопасности**

<b>Асканова О.В., Чернецкая Н.А., Чичерина О.В.</b>	
О проблемах сохранения лесных ресурсов России	228
<b>Мухлина Е.С., Балобанов Р.Н.</b>	
Будущее вторичного использования элегаза в электроэнергетике	235

### **Секция 7. Экономика и управление в машиностроительном производстве**

<b>Асканова О.В.</b>	
Машиностроение России: статистический обзор	240

### **Секция 8. Образование. Педагогика. Гуманитарные науки**

<b>Ефременкова О.В.</b>	
Реализация принципов цифровых технологий при изучении математики в техническом вузе	249
<b>Казанцева Ю.В.</b>	
Применение дистанционных образовательных технологий для удовлетворения индивидуальных потребностей обучающихся	253
<b>Ксендзов В.О.</b>	
Правила расстановки в волейболе	260
<b>Орлов А.В.</b>	
Практические аспекты реализации дистанционного обучения иностранному языку в техническом вузе	265

## СЕКЦИЯ 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

**Председатель секции:** кандидат физико-математических наук,  
заведующая кафедрой «Прикладная математика» Дудник Евгения  
Александровна

УДК 004.77

### СРАВНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА И МОНИТОРИНГА СЕТЕВОГО ТРАФИКА

Е.Н. Антонянц, А.О. Амельченко, Е.Е. Истратова

*Новосибирский государственный технический университет*

**Аннотация.** В статье рассмотрены наиболее распространенные инструменты для мониторинга и анализа сетевого трафика, приведены их сравнительные характеристики, определены особенности применения, выявлены критерии сравнения, проведен сравнительный анализ. Результаты данного исследования могут быть использованы для выбора оптимального инструмента для анализа сетевого трафика при проектировании сети.

**Ключевые слова:** модель трафика, анализ сетевого трафика, мониторинг сетевого трафика, программы-анализаторы, сетевой трафик.

### COMPARISON OF NETWORK TRAFFIC ANALYSIS AND MONITORING TOOLS

E.N. Antonyants, A.O. Amelchenko, E.E. Istratova

*Novosibirsk State Technical University*

**Abstract.** The article presents the most common tools for monitoring and analyzing network traffic, presents their comparative characteristics, identifies features of their application, identifies comparison criteria, and conducts a comparative analysis. The results of this study can be used to select the optimal tool for analyzing network traffic for designing a network.

**Keywords:** traffic model, network traffic analysis, network traffic monitoring, analyzer programs, network traffic.

В настоящее время одной из наиболее распространенных и одновременно востребованных технических сфер являются сетевые технологии. Это связано с тем, что данный вид информационных технологий охватывает существенный спектр услуг и считается достаточно доступным, что приводит к увеличению спроса и росту объемов сетевого трафика. Одной из базовых особенностей планирования и последующей разработки локальной сети компании является анализ сетевого трафика.

Согласно ряду литературных источников [1,2,5], оценивание сетевого трафика может осуществляться как на основе реальных экспериментальных данных, так и при помощи процесса моделирования физических величин и механизмов. Причем оба эти направления могут быть реализованы при помощи анализа сетевого трафика в современных мультисервисных сетях. Для решения данной задачи необходимы сбор, обработка и анализ таких статистических

данных, как объем передаваемых данных и скорость этой передачи. Сбор подобной статистики осуществляется различными программными средствами.

Программы сбора и анализа статистики должны собирать весь трафик и хранить его, при этом сбор трафика производится с использованием снифферов, то есть программ или аппаратных устройств. Конкретные продукты обычно имеют ряд дополнительных возможностей, при этом захват сетевого трафика может осуществляться разными способами.

Оптимальный инструмент для анализа сетевого трафика выбирается в зависимости от подзадач, которые нужно решить. Большинство существующих инструментов проводит базовый анализ трафика, но не для всех задач есть готовое решение. В качестве примеров специфических задач можно перечислить следующие:

- анализ туннелированных протоколов произвольной глубины;
- анализ сессий на уровне приложений (выделение связей между потоками данных, передаваемых по сети);
- выполнение определенных сценариев (скриптов) в случае обнаружения в трафике предварительно заданных сигнатур [2].

Целью статьи являлся сравнительный анализ программ-анализаторов сетевого трафика для дальнейшего выбора оптимального варианта при проектировании определенной сети.

В качестве наиболее распространенных программ-анализаторов [3] были выбраны следующие: Wireshark, Bro Network Security Monitor, Snort, Bandwidth Monitor Pro, tcpdump.

Программа Wireshark используется для перехвата и анализа сетевого трафика. С помощью данного продукта можно:

- захватывать трафик при передаче файлов и картинок;
- изымать информацию, содержащуюся в захваченных пакетах;
- анализировать TCP-сеансы;
- определить количество сеансов TCP в буфере захваченных пакетов;
- отобразить статистику сеансов TCP;
- определить ошибки в захваченных пакетах;
- сделать вывод по выполненной работе [4].

Wireshark (ранее — Ethereal) имеет графический пользовательский интерфейс, может узнавать структуру самых различных сетевых протоколов, что позволяет отделить части пакета друг от друга, отображая поля протокола любого уровня. Программа умеет работать с большим количеством форматов входных данных и может открывать файлы данных, захваченных другими программами, что расширяет возможности захвата [5].

В программе присутствуют инструменты расширенного анализа. Также, Wireshark имеет открытый исходный код, что позволило сделать его кроссплатформенным. В данной программе имеется функционал для захвата данных с целью его дальнейшего анализа.

Программный инструмент Bro Network Security Monitor позволяет производить анализ трафика в реальном времени и при выявлении заданных

структур выполнять определенные действия. С точки зрения архитектуры имеется два компонента: генератор событий и обработчики событий.

Событие может возникнуть в результате разбора одного или нескольких сетевых пакетов, а также вследствие обработки другого события (поддерживаются цепочки событий). При помощи собственного скриптового языка можно выдавать предупреждения, вести логирование и запускать сторонние приложения, в случае наступления определенных событий. Данное программное средство поддерживает возможность анализа трафика в режиме реального времени и содержит функцию по отложенному анализу сетевых трасс. К основным недостаткам можно отнести отсутствие графического интерфейса.

Приведенная программа дает возможность анализировать трафик с целью выявления вторжений, сбора и обработки статистики, для измерения пропускной способности сети и детектирования проблем в ее работе.

Snort – система анализа трафика, основанная на механизме сигнатурного поиска. Данный программный инструмент может работать в двух режимах: анализ трафика в реальном времени и отложенный анализ сохраненных ранее сетевых трасс.

Существует три режима анализа в реальном времени: Sniffer (вывод в консоль содержимого сетевых пакетов); Logger (запись сетевых трасс); NIDS (Network Intrusion Detection System, анализ трафика). В результате анализ происходит при помощи поиска указанных паттернов в сетевых пакетах. В случае нахождения совпадения выполняются определенные заранее действия.

Программа Bandwidth Monitor Pro включает возможность задать информацию, которую приложение будет всегда показывать на экране. Также имеется возможность следить за каждым сетевым адаптером отдельно, если таковых несколько. При этом в окне мониторинга будет отображаться информация для каждого адаптера.

Bandwidth Monitor Pro отличается качественной системой оповещений. Есть возможность задать поведение программы, если будут выполнены заданные условия. В качестве условий могут выступать такие параметры, как передача некоторого количества данных за интересующее время, изменение скорости, достижение уровня максимальной скорости загрузки и другие.

Анализатор трафика tcpdump использует минимум системных ресурсов. По своей сути данный программный продукт представляет собой таблицу с сетевыми пакетами. Программное решение имеет базовый функционал, который можно увидеть в любом анализаторе (захват, запись и т.д.). Кроме того, главное преимущество tcpdump заключается в том, что при использовании инструмента, отображающего сетевой трафик более простым способом, сложность анализа ложится непосредственно на человека.

Результаты сравнительного анализа программных продуктов сетевого трафика приведены в табл. 1.



Таблица 1

## Сравнительный анализ программ для работы с сетевым трафиком

Критерий сравнения	Программа				
	Wireshark	Bro Network Security Monitor	Snort	Bandwidth Monitor Pro	tcpdump
Спецификация	Анализ трафика	Анализ трафика	Анализ трафика	Мониторинг трафика	Анализ трафика
Размер установочного файла, Мб	17,4	17,7	3,25	1,19	0,49
Язык интерфейса	англ	англ	рус	англ	англ
График скорости	+	+	-	+	-
График трафика	-	+	-	+	-
Импорт/экспорт (формат файла)	+/+ (*.txt, *.px, .csv, *.psml, *.pdml, *.c)	-/-	-/-	-/-	-/-
Минимальный временной шаг между отчетами данных, с	0,001	1	1	1	1
Возможность изменения минимального шага между отчетами данных	+	+	+	+	-

Таким образом, в результате сравнительного анализа была выделена программа для анализа сетевого трафика Wireshark, обладающая максимальным функционалом. Однако данный анализатор будет слишком громоздким для анализа трафика локальных сетей небольших и средних предприятий, тогда как с этой задачей лучше справится Bandwidth Monitor Pro. Система мониторинга Bandwidth Monitor Pro максимально отвечает повышенным требованиям, которые предъявляются в случае проведения исследования сетевого трафика в научных целях.

## Список литературы

1. Василенко, К.А. и др. Сетевой трафик в операционных системах WINDOWS: сравнение и анализ его генерирования //Инженерный вестник Дона. – 2019. – №. 9. – С. 19.
2. Маркин, Ю.В. Методы и средства углубленного анализа сетевого трафика //автореферат дис. кандидата технических наук/Ин-т систем. программирования. Москва. – 2017.
3. Маркин, Ю.В., Санаров А.С. Обзор современных инструментов анализа сетевого трафика //Препринты ИСП РАН. – 2014. – №. 27. – С. 1.

4. Абрамкина, О.А. Анализ сетевого трафика с помощью программы «Wireshark»: TCP-сеансы, извлечение информации // Ответственный редактор. – 2015. – С. 10.

5. Волотка, В.С., Костромицкий А.И. Обзор программ анализа и мониторинга сетевого трафика. – 2010.

#### **УДК 004.01**

### **ОЦЕНКА РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ДОХОДОВ**

Ф.А. Архипов, Л.А. Попова

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Рубцовск*

**Аннотация.** Работа посвящена оценке рентабельности предприятия, для прогнозирования будущих доходов на основе построенного уравнения линейной регрессии.

**Ключевые слова:** линейная регрессия, прогнозирование, доход.

### **ESTIMATION OF THE PROFITABILITY OF THE ENTERPRISE ON THE BASIS OF INCOME**

F. A. Arkhipov, L.A. Popova

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University named after I.I. Polzynov*

**Annotation.** The work is devoted to assessing the profitability of an enterprise to predict future income based on the constructed linear regression equation.

**Keywords:** linear regression, forecasting, income.

#### **Ведение**

Принципиальные изменения сложившейся ситуации связаны с выходом в 2008 году закона «Об обеспечении единства измерений», который больше учитывает особенности рыночной экономики. Новый закон частично снял монополию государства с данного вида деятельности и позволил бизнесу оказывать такую востребованную метрологическую услугу, как поверка средств измерений. Впоследствии на рынке возникает конкуренция между организациями, оказывающими такие услуги, что может привести к падению доходов одной из них.

Работа инженера по метрологии повседневно связана с поверкой разных типов устройств, требующих метрологического контроля [3]. Объемы информации, которую необходимо проанализировать и систематизировать для каждого типа устройства, достаточно большие. Следовательно, время, которое затрачивается на одну единицу устройства, которое поступило на поверку, достаточно большое, что сразу отражается на количестве выполненных работ, которое влияет на доход, полученный организацией [2].

Для данного вида работ лучше всего подойдет математическая модель – линейной регрессии, на основе которой можно провести прогноз доходов на будущий период и как следствие рентабельность предприятия.

Линейная регрессия - выраженная в виде прямой зависимость среднего значения величины  $Y$  от другой величины  $X$ . Величину  $Y$  принято называть

зависимой или результирующей переменной, а величину  $X$  – независимой или объясняющей переменной [1]. Общий вид уравнения регрессии:  $y=a+b*x$ , где  $a$ ,  $b$  – коэффициенты регрессии, находимые с помощью метода наименьших квадратов.

Для получения статистически значимой модели на один фактор требуется объем наблюдений, равный 5-8 наблюдениям.

Целью работы является оценка рентабельности Рубцовского отдела ФБУ «Алтайский ЦСМ», согласно доходам.

#### Математическая модель

В качестве исходных данных была выбрана статистика организации Рубцовского отдела ФБУ «Алтайский ЦСМ», по общему количеству выполненных работ и суммарный доход за месяц, в период с июня 2019 г. до марта 2020 г. (таблица 1).

Таблица 1

№	Месяц	Количество работ	Доход (тыс. руб.)
1	Июнь 2019	330	917
2	Июль 2019	421	1095
3	Август 2019	392	1062
4	Сентябрь 2019	362	1063
5	Октябрь 2019	476	1149
6	Ноябрь 2019	303	820
7	Декабрь 2019	318	913
8	Январь 2020	286	767
9	Февраль 2020	243	705

Для нахождения уравнения регрессии необходимо определить, как оно находится. Изначально составляется система уравнений с помощью методов наименьших квадратов в общем виде:

$$\begin{cases} a * n + b * \sum x = \sum y \\ a * \sum x + b * \sum x^2 = \sum y * x \end{cases} \quad (1)$$

где  $n$  - количество месяцев;

$x$ ,  $y$  – исходные данные;

$a$ ,  $b$  – искомые коэффициенты уравнения регрессии.

Целевая функция, согласно поставленной задаче и выборе математической модели, примет следующий вид:

$$Y = a * x_0 + b * x_1 \rightarrow \max \quad (2)$$

После необходимых расчетов и подстановки в систему 1 получаем искомые коэффициенты  $a$ ,  $b$ , из которых составляем итоговое уравнение регрессии, подстановкой в уравнение 2, на основе которого осуществляем прогноз значений:

$$Y = 220.6427 + 2.0777 * x_1.$$

Согласно полученной модели увеличение параметра  $x_1$  при увеличении на 1 ед. изм. приводит к увеличению параметра  $Y$  в среднем на 2.0777 ед. изм.

Статистическая значимость полученного уравнения линейной регрессии проверена с помощью критерия Фишера, который равен 73.777, это доказывает, что найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна, т.е. уравнение является адекватным. Установлено также, что параметры модели статистически значимы. Оценку качества построенной модели даст средняя ошибка аппроксимации, которая равна 3,76%, т.е. полученная модель оценивается как достаточно точная и в среднем расчётные значения отклоняются от фактических на 3,76%.

### Прогнозирование

Теперь, основываясь на построенном уравнении, необходимо провести анализ и оценить возможные изменения по доходам в следующем месяце как результат их влияния на рентабельность организации в период март-май 2020 года. Значения для подстановки в полученное уравнение берутся по показателю, как среднее значение всех данных. После этого полученные средние данные за предыдущие месяцы подставляются в уравнение однофакторной линейной регрессии, полученной ранее.

В таблице 2 представлены полученные средние значения по общему числу количества выполненных работ (поверка электросчетчиков, водосчетчиков, весов, твердомеров и т.д.) и полученный результат после подстановки в уравнение регрессии.

Таблица 2

Месяц	Количество работ	Доход (тыс. руб)
март	282	806,6
апрель	270	781,6

Для большей наглядности построим график возможных доходов за период март-май 2020 года.

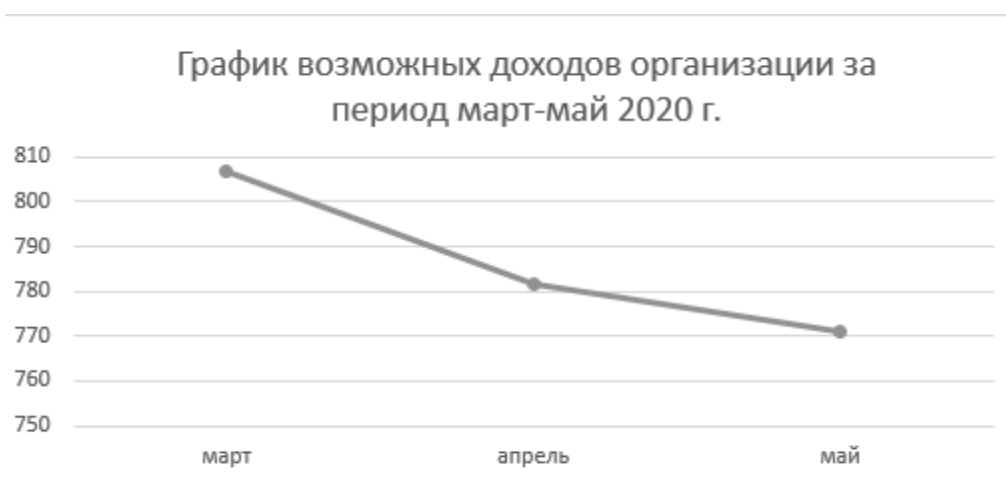


Рис. 1 – График возможных доходов организации за период март-май 2020 г.

На рисунке 1 видно, что согласно составленной математической модели на будущий период, будет происходить спад числа заказов, что характерно перед

началом летнего периода, т.к. в организациях множество персонала уходит в отпуск, соответственно, некоторое оборудование не используется, поскольку работает неполный штат сотрудников. Также это связано с учебным календарем, т.к. множество организаций зависят от работы школ и детских садов, а именно от спроса на продовольственную продукцию: меньше спрос - меньше загруженность средств измерений, следовательно, малая вероятность выхода их из строя и необходимости метрологического контроля.

### **Результаты**

В ходе работы было составлено уравнение линейной регрессии с использованием метода наименьших квадратов. Также была произведена проверка на адекватность и значимость коэффициентов регрессии полученного уравнения.

На основе полученного уравнения был проведен прогноз возможных доходов организации на основе имеющихся данных.

### **Список литературы**

1. Горлач, Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. - М.: Лань, 2016. - 292 с.
2. Зайцев, С.А. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении / С.А. Зайцев, А.Н. Толстов, Д.Д. Грибанов. – Москва: ИЦ Академия, 2012. – 288 с. – ISBN: 978-5-4468-0109-1.
3. Лифиц, И.М. Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия: учебник / И.М. Лифиц. – Москва: КноРус, 2017. – 299 с. – ISBN 978-5-406-05805-3.

### **УДК 004.9**

#### **АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ДОКУМЕНТОВ В ЭЛЕКТРОННОМ ХРАНИЛИЩЕ**

А.Е. Боброва, Е.А. Дудник

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Статья посвящена разработке сайта для автоматизации учета документов в электронном хранилище с использованием фреймворка Django.

**Ключевые слова:** электронное хранилище документов, фреймворк Django, Python.

#### **AUTOMATIZATION OF ELECTRONIC RECORD-KEEPING SYSTEM**

A.E. Bobrova, E.A. Dudnik

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University named after I.I. Polzunov*

**Abstract.** The article is devoted to the development of a web-site for an electronic record-keeping system using Django framework.

**Keywords:** electronic record-keeping system, documents storage, Django framework, Python.

## **Введение**

В настоящее время автоматизация учета документов является одним из средств повышения эффективности работы организаций. Бумажное хранение документов имеет ряд недостатков: отслеживание движения документов, длительность согласования документов, потеря документов, низкий уровень структурированности, медленный поиск документов в архиве и другие. Многие из проблем бумажного документооборота решаются путем оцифровки документов и помещения их в электронное хранилище.

Существует множество облачных хранилищ документов, например: MicrosoftSharePoint, Dropbox, OneDrive и др., но их отличает высокая стоимость и ограниченные возможности.

Целью работы является разработка хранилища документов с использованием фреймворка Django.

Задачи, которые необходимо выполнить для достижения поставленной цели: произвести анализ требований к программным и аппаратным средствам, сформулировать постановку задачи, описать инфологическую и даталогическую модели базы данных, проверить на контрольном примере.

### **Анализ требований к программным и аппаратным средствам**

Проведен анализ требований к аппаратным средствам, для работы хранилища требуется наличие: компьютера, локальной сети интернет, архитектуры «клиент-сервера».

При создании хранилища были использованы следующие программные средства и технологии:

1. HTML (HyperText Markup Language) – язык логической разметки веб-страниц [1, 2].

2. CSS. (Cascading Style Sheets) – формальный язык описания внешнего вида документа (веб-страницы), написанного с использованием языка разметки [1, 2].

3. Django – свободный фреймворк для веб-приложений на языке Python, использующий шаблон проектирования MVC [3].

Для создания хранилища был выбран фреймворк Django, обладающий полнофункциональными серверными возможностями и подходящий для разработки высоконагруженных веб-приложений, он позволяет быстро создавать безопасные и поддерживаемые веб-сайты [3].

Фреймворк Django справляется с большим количеством задач и повышенными нагрузками. Его применяют для создания:

- CRM-систем (модель взаимодействия);
- CMS (управление контентом сайта);
- Коммуникационных платформ;
- Платформ управления документооборотом.

Django предоставляет безопасный способ управления учетными записями пользователей и паролями, избегая распространенных ошибок, таких как размещение информации о сессии в файлы cookie, где она уязвима (вместо этого файлы cookie содержат только ключ, а фактические данные хранятся в

базе данных), или непосредственное хранение паролей. Django, по умолчанию, обеспечивает защиту от многих уязвимостей, включая SQL-инъекцию, межсайтовый скриптинг, подделку межсайтовых запросов [3].

### Постановка задачи

Основная задача разработка хранилища основных документов организации необходима для производственных нужд.

В ходе работы была составлена инфологическая модель, которая представлена на рисунке 1.

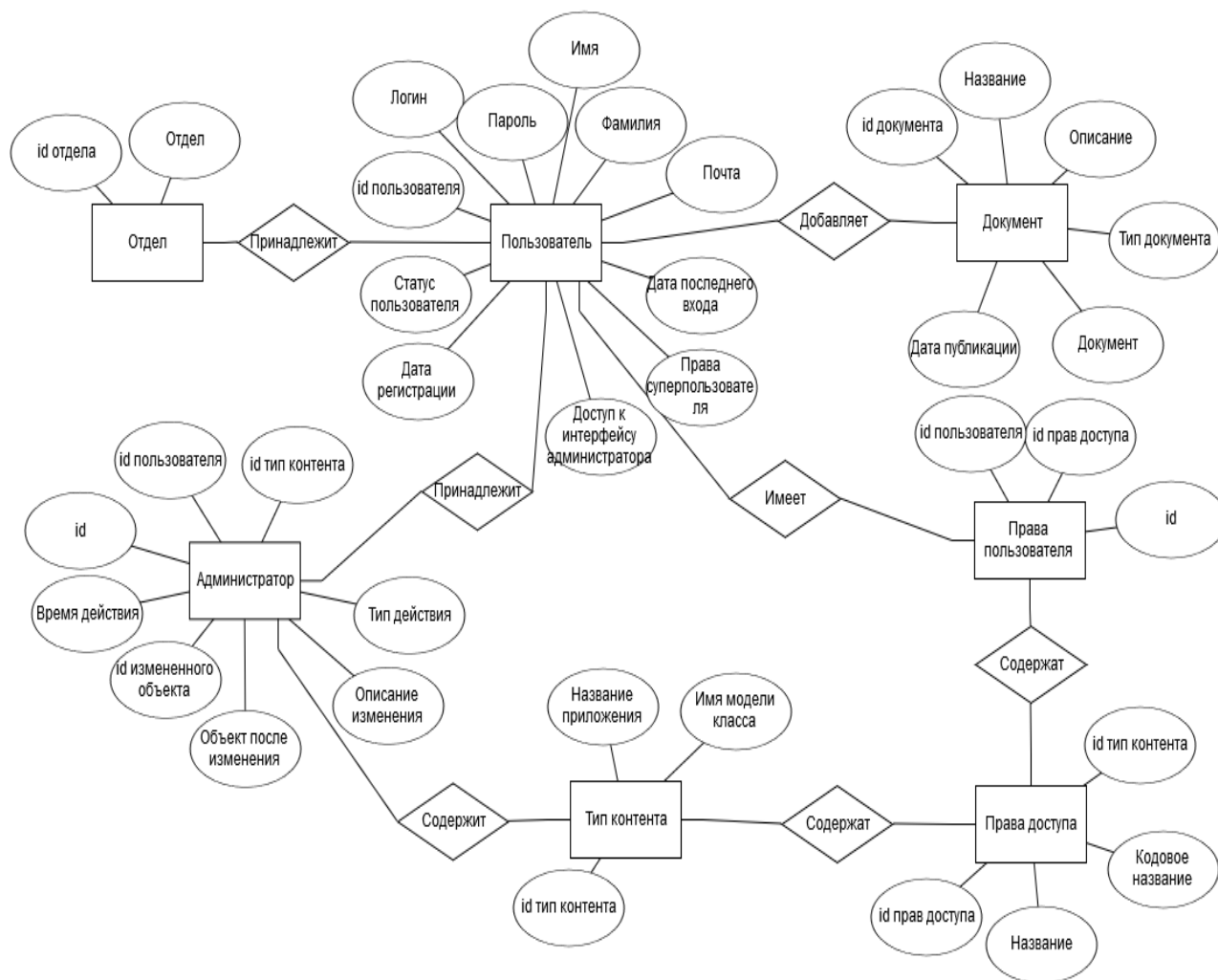


Рис. 1 - Инфологическая модель

Основными стержневыми сущностями являются: администратор, пользователь и документ. Основными характеристиками сущностей являются: тип документа, отдел, дата, основные сведения о пользователях сайта и сведения о загруженных документах.

Разработана структура базы данных в СУБД MySql и описана даталогическая модель (рисунок 2) [4].

При разработке хранилища были использованы пакеты python, такие как: django.contrib.auth – для реализации регистрации и авторизации пользователей, django.core.mail – для отправки уведомлений на почту, django\_filters – для

сортировке документов и др. Также был реализован поиск документов в базе по названию документа и периоду публикации.



Рис. 2 - Дато-логическая модель

### Результаты работы

Разработанное хранилище позволяет пользователям осуществить регистрацию, авторизацию и редактирование данных.

Хранилище позволяет пользователям загружать, просматривать и сохранять на компьютер документы, хранящиеся на сайте, а также уведомлять других пользователей о загруженном документе (рисунок 3).

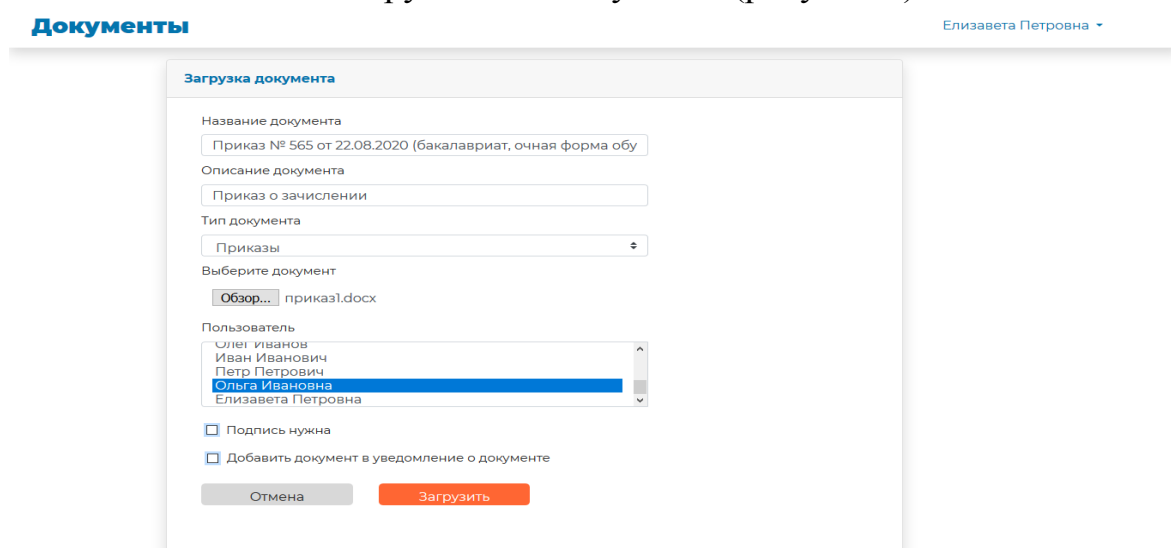


Рис. 3 - Загрузка документов



Также возможно осуществление поиска по названию, типу документа и дате публикации (рисунок 4).

Copyright ©2020 All rights reserved

Рис. 4 - Поиск документов

## Заключение

Используя вышеперечисленные возможности языка программирования Python и фреймворка Django, разработали хранилище, предоставляющее пользователю возможности хранения документов и поиска их в базе.

Программный продукт позволит упростить и обеспечить удобное хранение документов, а также сократить время на их поиск и повысить эффективность при работе с документами.

## Список литературы

1. Дакетт, Джон HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов / Джон Дакетт, -М.:Эксмо, 2013, - 768 с.
2. Дронов, В. HTML 5, CSS 3 и Web 2.0. Разработка современных Web-сайтов / В. Дронов. - М.: БХВ-Петербург, 2014. - 138 с.
3. Чан, Уэсли. Python: создание приложений. Библиотека профессионала, 3-е изд. : Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2015. – 816 с. ил. – Парал. тит. англ.
4. Шелдон, Р. MySQL. Базовый курс / Шелдон Р., Мойе Дж. – Спб.: Диалектика, 2007. – 880 с.

УДК 621.3.018.3, 517.572, 517.518.45

## МОДЕЛЬ СИГНАЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГАРМОНИК И ИНТЕРГАРМОНИК

Т.В. Васеева, Е.А. Альтман

*Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),  
г. Омск, Российская Федерация*

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены проблемы, связанные с моделированием сигнала в электрической сети. Основная причина ухудшения качества электрической энергии – наличие нелинейных нагрузок, которые создают токи несинусоидальной формы. В работе представлена математическая модель сигнала в электрической сети для измерения гармоник. Она связывает: гармоники, высшие гармоники и интергармоники тока и напряжения электрической сети. Модель сигнала в электрической сети обобщает результаты исследований проблем качества электроэнергии и учитывает требования регламентирующих документов. Она позволяет проводить исследования алгоритмов анализа электрических сигналов, а также средств измерений, построенных на их основе. Модель для определения спектральных составляющих сигнала позволит повысить точность и быстродействие оценки гармонических составляющих сигнала.

**Ключевые слова:** Дискретное Преобразование Фурье, Быстрое Преобразование Фурье, частоты, спектральный анализ, гармоники, высшие гармоники, интергармоники.

## ELECTRIC NETWORK SIGNAL MODEL FOR MEASURING HARMONICS AND INTERHARMONICS

T.V. Vaseeva, E.A. Altman

*Omsk State Transport University (OSTU), Omsk,  
Russian Federation*

**Annotation.** This article discusses the problems associated with signal modeling in an electrical network. The main reason for the deterioration in the quality of electrical energy is the presence of nonlinear loads that create non-sinusoidal currents. The paper presents a mathematical model of a signal in an electrical network for measuring harmonics. It connects: harmonics, higher harmonics and interharmonics of the current and voltage of the electrical network. The signal model in the electrical network summarizes the results of studies of power quality problems and takes into account the requirements of regulatory documents. It allows researching algorithms for analyzing electrical signals, as well as measuring instruments built on their basis. The model for determining the spectral components of the signal will improve the accuracy and speed of evaluating the harmonic components of the signal.

**Keywords:** Discrete Fourier Transform, Fast Fourier Transform, frequencies, spectral analysis, harmonics, higher harmonics, interharmonics.

### Введение

Цель статьи – разработать математическую модель для определения спектральных составляющих сигнала, которая позволит повысить точность и быстродействия оценки, гармонических составляющих сигнала. В статье предложена модель сигнала электрической сети, связывающая гармоники, высшие гармоники и интергармоники тока и напряжения электрической сети.

Гармоника – это спектральная составляющая на частотах, которая кратна основной частоте системы переменного тока.

Интергармоника – это спектральная компонента на частотах, которая зависит от единиц измерения и не кратна основной частоте системы.

Основополагающим нормативным документом в РФ, регламентирующим отличие между гармониками и интергармониками, является государственный стандарт [1]. Стандарт описывает спектральные составляющие тока и напряжения, расположенных выше области частот гармоник 2 – 9 кГц. Определение терминов «гармоника» и «интергармоника» в стандарте [1], в разделах 3.2.3 и 3.4.2.

Согласно стандарту [2], раздел 3.1.19, под «напряжением интергармонической составляющей» понимают среднеквадратическое значение синусоидального напряжения, частота которого не кратна основной частоте напряжения электропитания. Если одновременно возникнут интергармонические составляющие на приближенных частотах, то образуется напряжение с широкополосным спектром. В разделе 4.2.4.2 настоящего стандарта описано, что «допустимые уровни интергармонических составляющих напряжения электропитания находятся на рассмотрении».

В международной электротехнической комиссии (МЭК, IEC – International Electrotechnical Commission) стандартизация в области интергармоник находится на рассмотрении и накоплении информации. В стандарте [3] интергармоники напряжения ограничиваются значением 0,2%.

Кроме Российских стандартов, существуют международные регламентирующие документы по мониторингу качества электроэнергии (КЭ), рекомендация от Института инженеров электротехники (IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers). Термин гармоника в [4] обозначают как «total harmonic distortion (THD)». То есть отношение среднеквадратичного значения гармонического содержимого с учетом гармонических составляющих до 50-го порядка, исключая интергармоники. Пороговые значения интергармоник в сетях низшего (до 1 кВ), среднего (69 – 161 кВ) и высшего (более 161 кВ) напряжения.

Наличие интергармоник и гармоник оказывает негативное влияние на оборудование. Из-за возникновения гармоник в электрических сетях происходит перегрев оборудования, поэтому уменьшается его срок службы. Интергармоники наблюдаются при увеличении количества нагрузок в дополнение к гармоникам. Наличие асинхронных включений частотно-регулируемых электроприводов, выполненных на основе полупроводниковых преобразователей, является причиной появления интергармоник. Также интергармоники возникают при изменении тока в оборудовании, которое приводит к колебаниям напряжения.

Источниками интергармоник в электрических сетях являются асинхронные включения частотно-регулируемых электроприводов, дуговые печи, частотно регулируемые электроприводы.

Возникновение интергармоник обусловлено модуляцией несинусоидальных процессов, кривые которых содержат только кратные высшие гармоники, а также низкочастотные колебания, характерные для сетей с резко переменными нагрузками. Например, электродуговые сталеплавильные печи, сварочные установки, тиристорные электроприводы [5]. В зависимости от

амплитуды токов высших гармоник возникают искажения напряжения в узлах нагрузок на данной частоте. Повышается вероятность возникновения резонанса, в зависимости от ширины спектра частот интергармоник.

В состав промышленных предприятий входят частотно-регулируемые электроприводы. Известно, что данные установки являются характерным источником высших гармоник и генерируют гармоники 5,7,11,13 и другие. Эти гармоники также генерируются сварочными выпрямителями [6]. Высшие гармоники также называют каноническими гармониками.

Проблема измерения гармоник и интергармоник в электрической сети является актуальной [7-10]. Спектральный анализ гармоник и интергармоник также представлен в отечественных работах [11-13].

В [11] рассмотрен метод канонических гармоник и интергармоник. Реализация с помощью оконного преобразования Фурье (ОПФ) с применением оконных функций низкого разрешения и интерполяции.

Авторы [12] работы перед проведением дискретного преобразования Фурье (ПФ) предложили догармонический анализ сигнала. Т.е. предварительное определение частот, входящих в исходный сигнал путем расчета среднеквадратичного отклонения, определение периода сигнала электрической сети путем нахождения общего делителя.

В [13] разработан алгоритм расчета дополнительных потерь в токоведущих частях при наличии интергармоник, генерируемых частотно-регулируемым приводом на основе пакетного вейвлет-преобразования (ПВП).

### Модель сигнала электрической сети

Спектральные составляющие на частотах, расположенных между двух последовательных гармонических частот, возникают при наличии в сигнале интергармонических составляющих.

Заметные интергармоники появляются в узком диапазоне частот: 35–75 Гц, 150–160 Гц [5].

Модель сигнала электрической сети с учетом [1], раздел 3.1, связывает гармоники, высшие гармоники и интергармоники тока и напряжения электрической сети при наличии шума:

$$s_t = a_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + \sum_{p=0}^p a_p^v \sin(m_p^v \omega_0 t + \varphi_p^v) + \sum_{q=0}^q a_q^i \sin(\omega_q^i t + \varphi_q^i) + \eta \quad (1)$$

где  $a_0$  – амплитуда первой гармоники;

$\omega_0$  – угловая частота первой гармоники,  $\omega_1 = 2\pi f_{H,1}$ ;

$\varphi_0$  – фаза первой гармоники;

$p$  – число высших гармоник;

$a_p^v$  – амплитуда высших гармоник;

$m_p^v$  – номер высших гармоник;

$\varphi_p^v$  – фаза высших гармоник;

$q$  – номер интергармоник;

$a_q^i$  – амплитуда интергармоник;

$\omega_q^i$  – угловая частота интергармоник,  $\omega_q^i = 2\pi f_{ig,h}$ ;

$f_{ig,h}$  – частота интергармонической подгруппы порядка  $h$ ;

$\eta$  – шум.

В формулу (1) добавлены значения высших гармоник, интергармоник тока и напряжения электрической сети.

Согласно [2], раздел 4.2.4, к показателям качества электрической энергии (КЭ) относятся гармонические составляющие напряжения, т. е. коэффициент  $n$  гармонической составляющей напряжения –  $K_{U(n)}$ :

$$K_{U(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_1}, \quad (2)$$

где  $n$  – номер гармонической составляющей напряжения;

$U_{(n)}$  – фазное напряжение гармоники в расчетной точке сети,  $B, \kappa B$ ;

$U_1$  – значение основной гармонической составляющей напряжения,  $B, \kappa B$ .

$$U_{(n)} = \frac{I_{(n)} n U_{нл} U_{ном}}{S_k}, \quad (3)$$

где  $n$  – номер гармонической составляющей напряжения;

$I_{(n)}$  – действующее значение фазного тока  $n$ -ой гармоники,  $A, \kappa A$ ;

$U_{нл}$  – напряжение нелинейной нагрузки (в случае, если расчетная точка совпадает с точкой присоединения нелинейной нагрузки  $U_{нл} = U_{ном}$ ),  $B, \kappa B$ ;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение сети,  $B, \kappa B$ ;

$S_k$  – мощность короткого замыкания в точке присоединения нелинейной нагрузки,  $\kappa B A$ .

Значения коэффициентов нечетных гармонических составляющих напряжения, не кратных трем,  $K_{U(n)} = 0,4\% U_1$  для  $n > 25$ , при напряжении электрической сети 110–220 кВ.

Значения коэффициентов нечетных гармонических составляющих напряжения, кратных трем,  $K_{U(n)} = 0,2\% U_1$  для  $n > 21$ , при напряжении электрической сети 110–220 кВ.

Значения коэффициентов четных гармонических составляющих напряжения  $K_{U(n)} = 0,2\% U_1$  для  $n > 21$ , при напряжении электрической сети 110–220 кВ.

Согласно [2], раздел 4.2.4, «Допустимые уровни интергармонических составляющих напряжения электропитания находятся на рассмотрении».

Абсолютное значение амплитуды интергармоник  $a_q^i$  изменяется в диапазоне 0,4–1 для частоты 60 Гц и 90 Гц [7].

В [11,14] описаны принципы построения многофункциональных измерительных комплексов для электроподвижного состава и тяговых подстанций. Наличие высокочастотных составляющих в сигналах токов и напряжений определяют кривые первичных токов и напряжений электровоза с помощью прибора ИВК «Омск-М». Испытания проводились в Абаканской

дистанции электроснабжения Красноярской дирекции по энергообеспечению. Анализ гармонических составляющих для спектра гармоник напряжений показал, что процент от амплитуды 1-й гармоники от 5 гармоники будет равен 8. И процент от амплитуды 1-й гармоники будет равен 100 на 2 гармоники для спектра гармоник токов.

### Заключение

Анализ и контроль гармоник сигнала в электрической сети имеет большое значение для поддержания качества электрической энергии, предотвращения повреждения систем электрических сетей и экономии энергии.

В работе представлена математическая модель сигнала в электрической сети, обобщающая результаты исследований проблем качества электроэнергии и учитывающая требования регламентирующих документов. Она позволяет проводить исследования алгоритмов анализа электрических сигналов, а также средств измерений, построенных на их основе.

Дальнейшее исследования и дополнения представленной модели могут быть связаны с оценкой возможной точности измерения параметров гармоник сигнала.

### Список литературы

1. ГОСТ 30804.4.7-2013 (IEC 61000-4-7:2009) Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств. 2013; Доступно по: <http://docs.cntd.ru/document/1200103652> (дата обращения: 01.10.2020).

2. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. 2013; Доступно по: <http://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения: 01.10.2020).

3. International Electrotechnical Commission et al. Electromagnetic Compatibility (EMC)-Part 4-7: Testing and Measurement Techniques-General Lighting Res. Technol. 2013; 45: 710–728 Guide on Harmonics and Interharmonics Measurements and Instrumentation, for Power Supply Systems and Equipment Connected Thereto. – IEC 61000-4. – Т. 7.

4. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems, in IEEE Std 519-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992), vol., no., pp.1-29, 11 June 2014, doi: 10.1109/IEEESTD.2014.6826459. Доступно по: <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=6826457> (дата обращения: 01.10.2020).

5. Жежеленко И. В., Саенко Ю. Л., Бараненко Т. К. Интергармоники в системах электроснабжения промпредприятий //Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 1999;8. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/intergarmoniki-v-sistemah-elektrosnabzheniya-prompredpriyatij> (дата обращения: 01.10.2020).

6. Михеев Г. М. и др. Расчет тока конденсаторных батарей с учетом источников высших гармоник //Вестник Чувашского университета. 2017; 1. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschyot-toka-kondensatornyh-batarey-s-uchetom-istochnikov-vysshih-garmonik> (дата обращения: 01.10.2020).
7. A. Testa et al., «Interharmonics: Theory and Modeling,» in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 22, no. 4, pp. 2335-2348, Oct. 2007, doi: 10.1109/TPWRD.2007.905505. Доступно по: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4302786/references#references> (дата обращения: 01.10.2020).
8. E. W. Gunther, «Interharmonics in power systems» 2001 Power Engineering Society Summer Meeting. Conference Proceedings (Cat. No.01CH37262), Vancouver, BC, Canada, 2001, pp. 813-817 vol.2, doi: 10.1109/PSS.2001.970156. Доступно по: <https://ieeexplore.ieee.org/document/970156> (дата обращения: 01.10.2020).
9. R. Yacamini, «Power system harmonics. IV. Interharmonics» in Power Engineering Journal, vol. 10, no. 4, pp. 185-193, Aug. 1996, doi: 10.1049/pe:19960411. <https://ieeexplore.ieee.org/document/532851> Доступно по: (дата обращения: 01.10.2020).
10. Gallo D., Langella R., Testa A. Interharmonic measurement in IEC framework //IEEE Summer Power Meeting. 2002. Доступно по: <https://iris.unicampania.it/handle/11591/206785#.XoBAHogzZPY> (дата обращения: 01.10.2020).
11. Чижма С. Н. Совершенствование методов и средств контроля качества электроэнергии и составляющих мощности в электроэнергетических системах с тяговой нагрузкой //Омск: Омский государственный университет путей сообщения. 2014; Доступно по: [https://omgtu.ru/scientific\\_activities/dissertatsionnye\\_sovety/obyavleniya\\_o\\_zashchite\\_dissertatsiy\\_i\\_dokumenty\\_k\\_nim/chizhma\\_s\\_n/](https://omgtu.ru/scientific_activities/dissertatsionnye_sovety/obyavleniya_o_zashchite_dissertatsiy_i_dokumenty_k_nim/chizhma_s_n/) (дата обращения: 01.10.2020).
12. Гольдштейн Е. И., Радаев Е. В. Гармонический анализ токов (напряжений) при наличии в них интергармоник и неизвестном периоде результирующего сигнала //Электричество. – 2009. – №. 12. – С. 87-88.
13. Осипов Д. С. и др. Разработка метода расчета потерь мощности в токоведущих частях при наличии интергармоник //Омский научный вестник. – 2017. – №. 4 (154).
14. Ramos C. J., Martins A. P., da Silva Carvalho A. Power system frequency estimation using a least mean squares differentiator //International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2017;87:166-175. Доступно по: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142061516315587>. DOI: 10.1016/j.ijepes.2016.11.001 (дата обращения: 01.10.2020)

УДК 624.144.8

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОГНОЗЕ ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТИ

Т.В. Гавриленко, Т.А. Фёдорова

*Сибирский федеральный университет*

**Аннотация.** Краткосрочный прогноз зимней скользкости на автомобильных дорогах осуществляется по регрессионным зависимостям на основе данных о температуре и относительной влажности наружного воздуха, которые получают в результате непосредственных измерений на автоматизированных дорожных метеостанциях или официальных станциях Гидрометцентра России. В статье описываются исследования взаимосвязи между этими погодными показателями, фиксируемыми дорожной метеостанцией и станцией Гидрометцентра в одном населённом пункте. Вычислены коэффициенты корреляции и получены линейные уравнения связи.

**Ключевые слова:** зимняя скользкость, автоматизированная дорожная станция, коэффициент корреляции, уравнение связи между погодными показателями

## A STUDY OF THE METEOROLOGICAL PARAMETERS USED IN THE FORECAST OF WINTER SLIPPERINESS

T. V. Gavrilenko, T. A. Fedorova

*Siberian federal University*

**Annotation.** The short-term forecast of winter slipperiness on highways is based on regression dependencies based on data on the temperature and relative humidity of the air, which are obtained as a result of direct measurements at automated road weather stations or official stations of the hydrometeorological center of Russia. The article describes studies of the relationship between these weather indicators recorded by a road weather station and a hydrometeorological center station in one locality. Correlation coefficients are calculated and linear coupling equations are obtained.

**Keywords:** winter slipperiness, automated road station, correlation coefficient, equation of relationship between weather indicators

Возникающая на покрытии автомобильных дорог зимняя скользкость представляет собой опасное явление, осложняющее режим движения автомобильного транспорта. Она включает в себя различные виды, которые можно разделить на четыре основных: гололедица, «чёрный лёд», гололёд и снежный накат [1]. Каждый вид зимней скользкости имеет свои физические причины возникновения и определённый диапазон значений климатических факторов, приводящих к зимней скользкости.

Например, гололедица образуется в результате замерзания влаги на поверхности дороги в процессе перехода от положительных температур к отрицательным значениям. При понижении температуры покрытия дороги ниже 0°C влага на его поверхности, образуемая от дождя или тающего снега, замерзает. «Чёрный лёд» - это прозрачный и очень тонкий слой льда (практически не видимый из кабины транспортного средства), который возникает на поверхности охлаждённого сухого дорожного покрытия в результате сублимации водяного пара из воздуха. Появление этого вида скользкости возможно в ночное время при широком диапазоне изменения температуры воздуха и относительной влажности воздуха, близкой к 100 %.



Гололёд возникает при выпадении переохлаждённых осадков (дождя или мороси) на поверхность дороги, уже имеющую отрицательные значения температуры. Снежный накат образуется при наличии снега (при снегопадах или метелях) и при уплотнении его на дорожном покрытии.

Планирование работ по ликвидации зимней скользкости осуществляют на основе прогнозируемых погодных условий. Возможность её возникновения оценивают с помощью регрессионных зависимостей, позволяющих предсказать появление гололедицы и гололёда за три часа [1].

Известно, что образование гололедицы наиболее вероятно при температурах воздуха от минус 2 до минус 6°С и относительной влажности воздуха от 65 до 85 %. В этом диапазоне значений метеорологических параметров возможность возникновения гололедицы может быть оценена по зависимости

$$Y = -0,170T_B - 0,071W + 5,659, \quad (1)$$

где  $Y$  - величина скользкости;  $T_B$  - температура воздуха, °С;  $W$  - относительная влажность воздуха, %. Гололедица ожидается, когда  $Y > 0$ . При  $Y < 0$  она отсутствует [1].

Появление гололёда наиболее вероятно при температурах воздуха от +2 до минус 5,2 °С и относительной влажности от 85 до 100 %. Его прогнозирование осуществляют по регрессионной зависимости:

$$Y = 0,092T_B + 0,104W - 9,142. \quad (2)$$

Таким образом, для предсказания скользкости по формулам (1) и (2) необходимо знать данные по температуре и относительной влажности воздуха.

Для получения оперативной информации о метеорологических условиях используются автоматические дорожные метеостанции (АДМС). Пример фиксируемых данных АДМС приведён на рис. 1.



Рис. 1 - Показания дорожной метеостанции на автодороге Красноярск-Енисейск [2]

На автомобильных дорогах Красноярского края установлено 13 АДМС, которые фиксируют основные показатели погоды и состояние дорожного покрытия. Данные обновляются каждые 15 минут и в режиме реального времени доступны на официальном сайте Управления автомобильных дорог Красноярского края [2].

Россия	Красноярский край	Казачинское
<a href="#">Прогноз погоды</a> <a href="#">Климат</a> <a href="#">Посмотреть Красноярск, Большая Мурта</a>		
24 октября, 13:00 (время местное)		
Атмосферное давление на уровне станции, мм рт.ст.	756	
Температура воздуха, °С	3	
Относительная влажность, %	52.4	
Направление ветра	южный	
Средняя скорость ветра, м/с	4	
Балл общей облачности	7	
Горизонтальная видимость, км	20	

Рис. 2 - Показания станции Гидрометцентра России [3]

Помимо данных с АДМС при прогнозировании зимней скользкости нормативный документ [1] рекомендует использовать данные Гидрометцентра России. Они также находятся в открытом доступе на официальном сайте Гидрометцентра [3]. Данные обновляются каждые три часа.

Нами было проведено сравнение метеорологических данных, полученных от дорожных метеостанций и станций Гидрометцентра, расположенных в районе одного и того же населённого пункта - села Казачинского. Данные выписывались ежедневно для одного момента времени (в 10, 13, 16 или 19 часов) с 3 января по 21 марта 2020 года. Для исследований было отобрано 72 показания. На рис. 3 и 4 приведены кривые, связывающие погодные показатели от двух метеостанций, по температуре и относительной влажности соответственно.

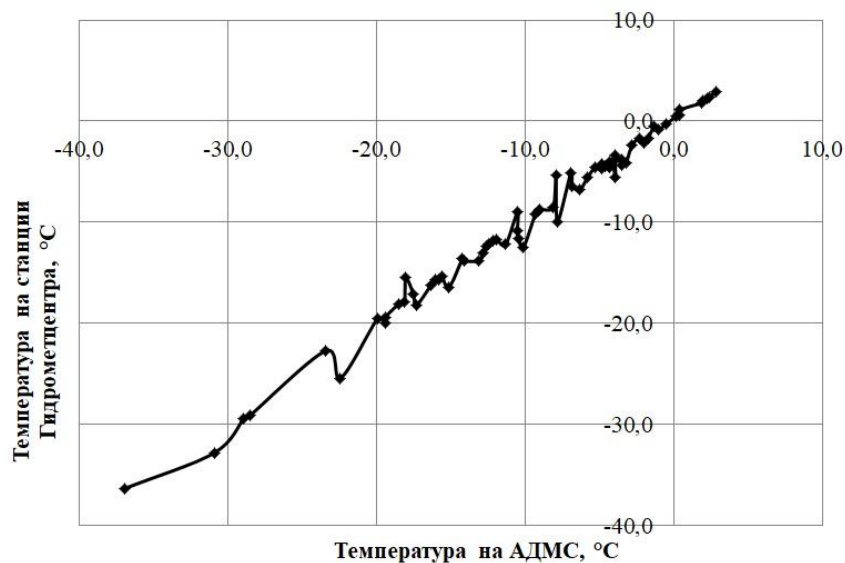


Рис. 3 - Кривая, связывающая температурные данные

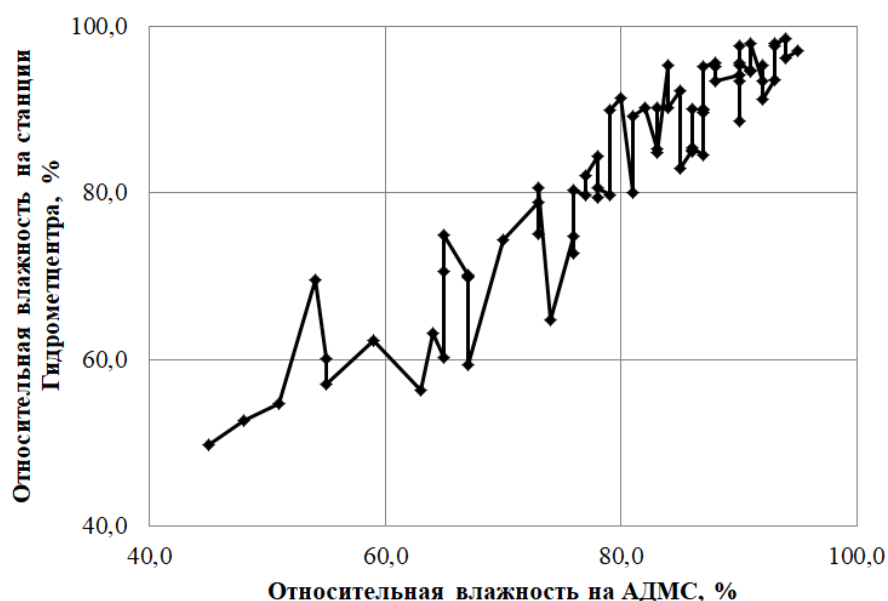


Рис. 4 - Кривая, связывающая данные по относительной влажности

Эти кривые были аппроксимированы линейными уравнениями связи между показаниями датчиков температуры дорожной метеостанции и станции Гидрометцентра. Уравнение связи для температуры имеет вид:

$$T_{\text{ГМЦ}} = 1,015T_{\text{АДМС}} + 0,144, \quad (3)$$

где  $T_{\text{АДМС}}$ ,  $T_{\text{ГМЦ}}$  - значения температуры, полученные на АДМС и станции Гидрометцентра в селе Казачинском соответственно.

Уравнение связи между показаниями датчиков относительной влажности

$$W_{\text{ГМЦ}} = 1,007W_{\text{АДМС}} + 2,84, \quad (4)$$

где  $W_{\text{АДМС}}$ ,  $W_{\text{ГМЦ}}$  - значения относительной влажности, полученные на АДМС и станции Гидрометцентра в селе Казачинском соответственно.

Коэффициент корреляции между двумя рядами показаний температуры, взятых в одно время с обеих метеостанций, составил 0,98, что говорит о высокой согласованности данных по температуре воздуха. Данные по относительной влажности имеют больший разброс, коэффициент корреляции для них - 0,9.

Аналогичные результаты могут быть получены и для других населённых пунктов, где присутствуют и АДМС, и станции Гидрометцентра. На автомобильной дороге «Красноярск-Енисейск» такими пунктами являются районный центр Большая Мурта и город Енисейск. Совокупность уравнений связи позволит использовать данные для развития методики прогноза зимней скользкости.

#### Список литературы

1. ОДМ 218.2.003-2009 Методические рекомендации по специализированному прогнозу состояния дорожного покрытия / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). М.: Росавтодор. 46 с.

2. Официальный сайт краевого государственного казённого учреждения «Управление автомобильных дорог по Красноярскому краю» / Дорожные метеостанции и видеокамеры. Режим доступа: <https://krudor.ru/actual/meteo>

3. Официальный сайт Федерального государственного бюджетного учреждения "Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации» / Фактические данные. Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/pogoda>

УДК 378.1

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАРАЖЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА COVID-19 В ПЕРИОД РАЗВИТИЯ ПАНДЕМИИ**

П.В. Герасименко

*Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I*

**Аннотация:** выполнено математическое моделирование динамики ключевых показателей распространения эпидемии коронавируса в Санкт-Петербурге. Примененный методический аппарат позволил на основании мониторинговых данных координационного совета по борьбе с распространением коронавируса Санкт-Петербург осуществлять прогнозирование хода заболевания в регионе. Предлагаемый подход дает возможность более обоснованно формировать администрациям города и предприятий управленческие решения по созданию нормальных экономических и социальных условий для работы и жизни жителей, их занятости, в том числе обучения, в период распространения коронавируса.

**Ключевые слова:** пандемия, COVID-19, регрессионная модель, ключевые показатели, коррелограмма, прогноз.

## **MAINTAINING THE HEALTH OF THE POPULATION DURING THE SPREAD OF THE PANDEMIC-THE BASIS OF PREDICTABLE ECONOMY**

P. V. Gerasimenko

*Petersburg state University ways of communication of the Emperor Alexander I*

**Abstract:** mathematical modeling of the dynamics of key indicators of the spread of the coronavirus epidemic in St. Petersburg is performed. The applied methodological apparatus allowed, based on the monitoring data of the coordinating Council for combating the spread of coronavirus in St. Petersburg, to predict the course of the disease and treatment in the region. The proposed approach makes it possible to reasonably form city and enterprise administrations management decisions to create normal economic and social conditions of work and life of residents, their employment, including training, during the spread of the coronavirus.

**Keywords:** COVID-19 pandemic, regression model, key indicators, correlogram, forecast.

Одним из ключевых количественных показателей состояния жизнедеятельности общества в период пандемии коронавируса COVID-19 является уровни его заболеваемости. Они в свою очередь зависят от предпринимаемых совместных мероприятий, проводимых медицинскими и административными органами, а также их принятия населением местности, где эпидемия распространяется.

Как известно, заболевание коронавирусом, по утверждению специалистов здравоохранения, осуществляется за счет передачи вируса воздушно-капельным путем от человека к человеку при контактах здоровой части населения с больной. Его уровень оценивается с помощью интегральных (суммарных) и дифференциальных (суточных) величин заражения.

Ключевые понятия и показатели распространения эпидемии, а также характер их изменения во времени должны быть понятны и известны любому жителю в регионе. Для этого характер изменения показателя должен в едином времени моделироваться и отображаться средствами массовой информации для населения. Учитывая важность информирования населения такими данными, в регионах при координационных советах целесообразно создать специальные центры, в задачу которых должно входить моделирование и прогнозирование ключевых показателей и возможных последствий распространения эпидемии, в случае невыполнения проводимых в регионе мероприятий.

Поэтому сегодня одной из актуальных задач, решение которой будет полезно для специалистов в сфере здравоохранения, администраций регионов и населения, является разработка методического аппарата для предсказания по статистическим данным протекания заболевания и выздоровления населения региона.

В настоящем докладе, на примере выполненного исследования динамики развития заражения коронавирусом в Санкт-Петербурге, предлагается один из путей проведения моделирования и прогнозирования по статистическим данным. Их значения и характер изменения позволит демонстрировать населению достижения санаторно-эпидемиологического режима или последствия его невыполнения.

Исходными данными для моделирования и прогнозирования названных показателей выступали статистические данные, наблюдаемые в ходе развития эпидемии. В настоящее время координационными советами по борьбе с распространением COVID-19 в РФ проводится мониторинг числовых значений ключевых показателей как в целом по стране, так и по отдельным административно-территориальным регионам. Лица, ответственные за борьбу с распространением коронавируса, располагают, а затем и публикуют массивы статистических данных всех ключевых показателей, которые по своей сути являются временными (динамическими) рядами.

Следует отметить, что, по мнению специалистов, эпидемия коронавируса может возвращаться, продлеваться и длиться достаточные периоды, что и наблюдается в настоящее время. Действительно, желание администраций восстановить и поддерживать экономику на требуемом уровне заставляет их в регионах снимать ограничения, которые вводятся в процессе борьбы с коронавирусом.

Следовательно, как снятие ограничений, так и сама природа вируса могут приводить к поддержанию эпидемии. Поэтому для администраций регионов и специалистов в сфере здравоохранения при принятии решений по борьбе с коронавирусом требуется наличие упрощенного методического аппарата

моделирования и прогнозирования по статистическим данным, который способен отображать изменение протекания заболевания населения во времени.

Как отмечалось, в работе на примере моделирования и прогнозирования как суммарных показателей заражения, так и суточных приращений рассмотрена динамика изменения их в процессе развития коронавируса в городе Санкт-Петербурге. В качестве математического аппарата использованы временные ряды (динамические ряды) и регрессионный анализ [1]. При этом принято допущение, что ряды являются стационарными, соответственно, их свойства не зависят от момента времени [2].

Возможность такого допущения была подтверждена на основании анализа построенных по ним коррелограмм. Пример приведен на рис. 1.

Временные ряды для всех исследований формировались по статистическим данным, приводимым в [3]. Реализация используемого аппарата, применительно к развивающейся эпидемии коронавируса в Санкт-Петербурге, выполнена с помощью ППП Excel, в основе которых положен метод наименьших квадратов. В качестве математических моделей использованы полиномиальные функции регрессии.

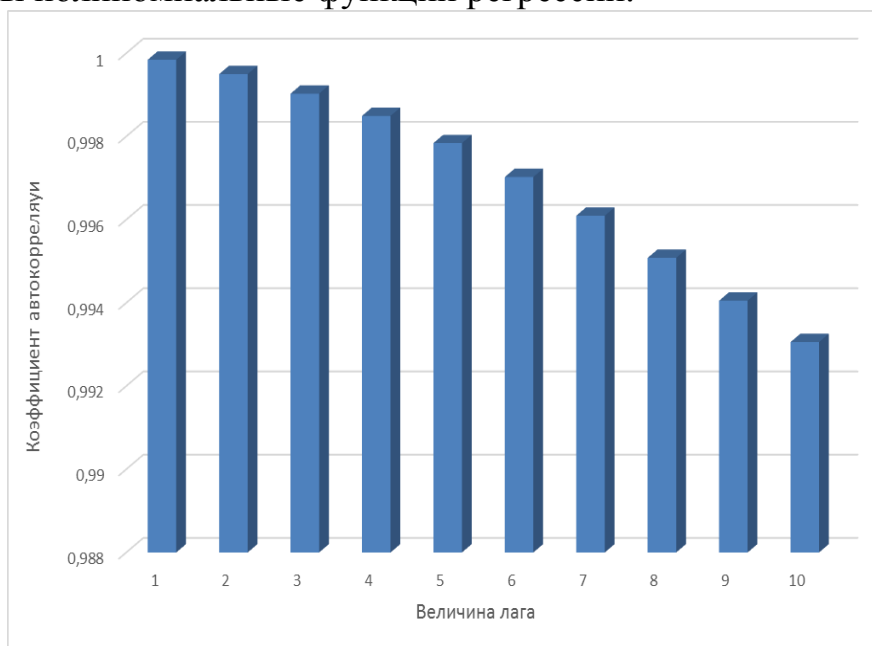


Рис. 1 - Коррелограмма суммарной зараженности

Следует отметить, что, несмотря на достаточно низкий уровень школьной математической подготовки [4], с используемым математическим аппаратом в стране знакомы [5], а поэтому в работе ему внимание не уделено. Для построения моделей временные ряды формировались по статистическим данным количества зараженных, начиная с 45-х суток (14.04.2020) с начала эпидемии в стране и заканчивая 205-ми сутками (21.09.2020).

На рис. 2 представлены опытные значения зараженных жителей Санкт-Петербурга по статистическим данным на 21.09 2020 года и по ним построена теоретическая квадратичная функция регрессии.

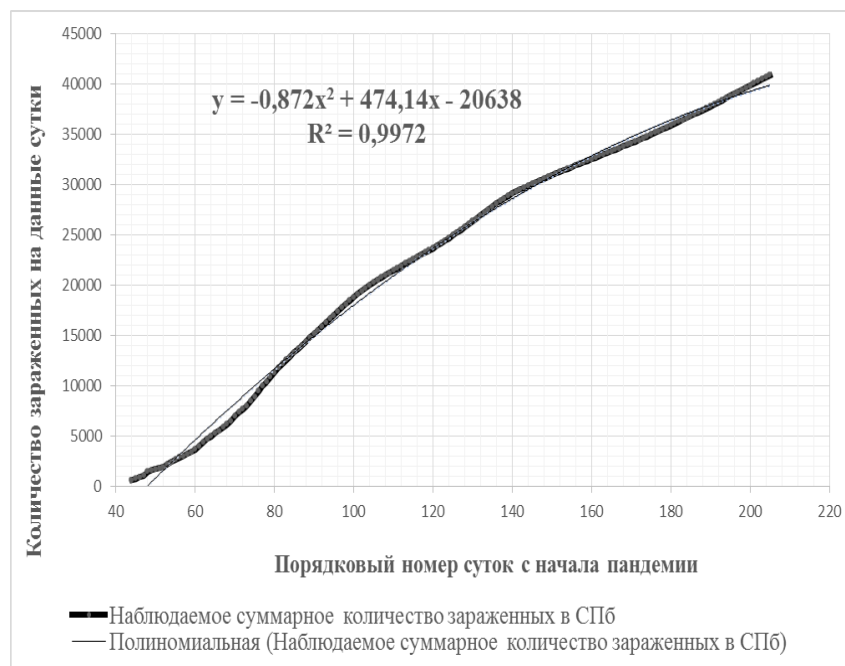


Рис. 2 - Суммарные опытные и теоретические количества зараженных жителей Санкт-Петербурга за период с 14.04.2020 по 21.09.2020

Из рисунка следует, что значения суммарного ключевого показателя как опытного (наблюдаемого), так и теоретического, полученного по квадратичной зависимости, практически совпадают. Для оценки качества и установления адекватности модели суммарных значений использовался коэффициент детерминации [2].

На основании рис. 2 можно заключить, что модель в виде квадратичной зависимости с высоким качеством может быть использована для прогнозирования. Величина коэффициента детерминации, как это следует из рисунка, составляет порядка 0,997. Другими словами, теснота связи между ключевым показателем и порядковым номером суток составляет 99,7%, то есть связь практически детерминированная.

Следует отметить, что суммарный ключевой показатель сохраняет свою тенденцию на протяжении всего рассматриваемого времени распространения коронавируса, однако суточные значения (приросты) существенно изменяются. Характер изменения представлен на графике (рис. 3), который построен по статистическим данным за период с 14.04.2020 по 21.09.2020.

Как показали результаты обработки мониторинга, начиная с 45-х суток, число заражённых в сутки имело рост с хаотичным характером изменения, вплоть до 77-х суток (рис. 3). Начиная с этого времени и до 114-х суток происходило монотонное падение числа зараженных, после чего вновь их рост.

Аналогичный процесс изменения количества зараженных наблюдался в период с 132 суток и до 205 суток, но при плавном изменении.

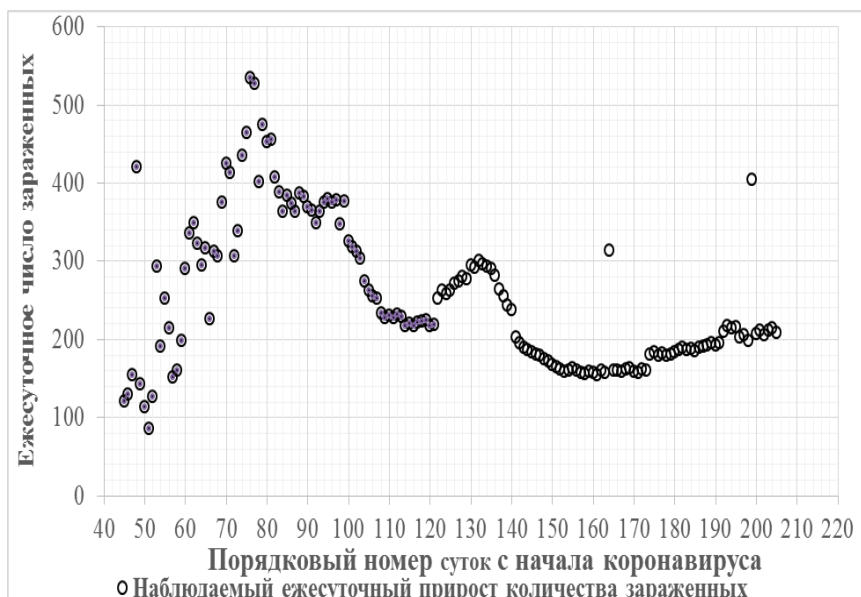


Рис. 3 - Суточные опытные количества зараженных жителей Санкт-Петербурга за период с 14.04.2020 по 06.07.2020

На основании анализа характера изменения графика количества зараженных, выполненного в работе, моделирование ключевого показателя осуществлено на трех участках. Первый из них включает интервал с 45 суток до 114 суток (рис. 4).

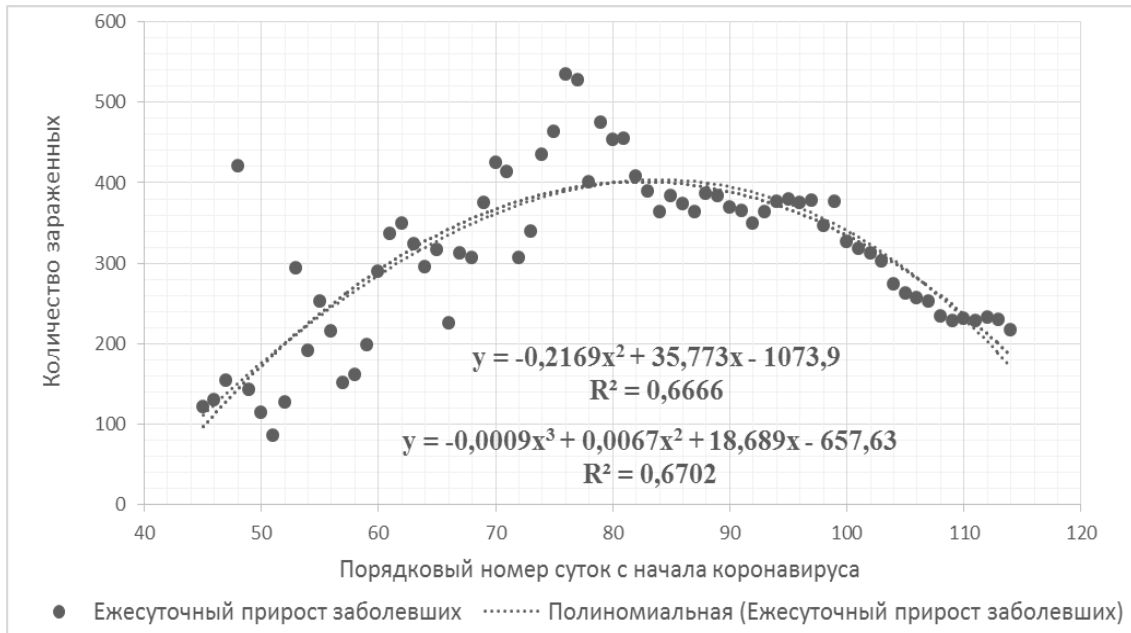


Рис. 4 - Суточные опытные и теоретические количества зараженных жителей Санкт-Петербурга за период с 14.04.2020 по 22.06.2020

Из рисунка следует, что теоретическая кривая суточной зараженности, вплоть до 114-х суток, объясняет связь с опытным ростом показателя, как по квадратичной функции регрессии, так и по кубической с коэффициентами



детерминации, примерно равным 0,67. На рис. 5 представлены аналогичные данные за период с 114-е по 143-е сутки.

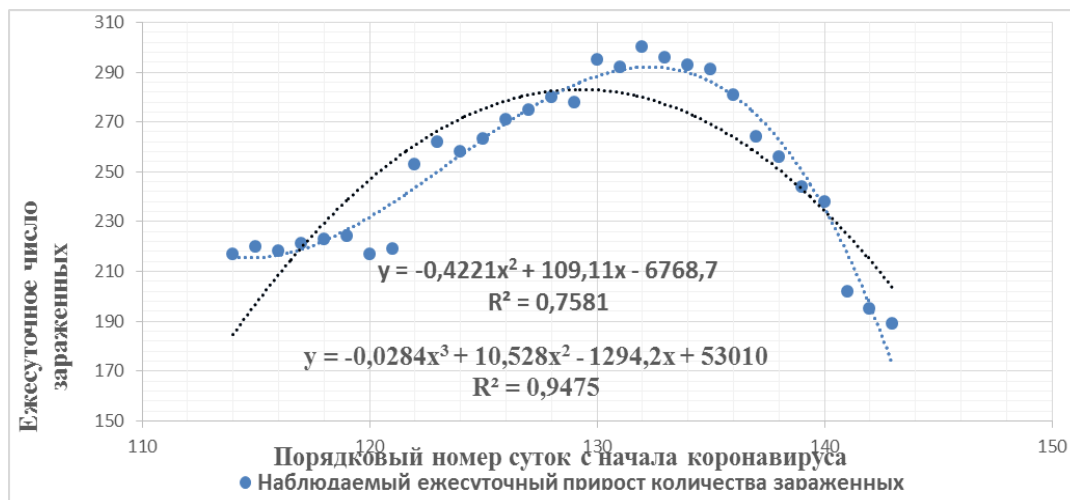


Рис. 5 - Суточные опытные и теоретические количества зараженных жителей Санкт-Петербурга за период с 22.06.2020 по 21.07.2020

Характер изменения опытных и модельных значений прироста зараженности с 143-х по 205-е сутки можно проследить на основании графиков, представленных на рис. 6.

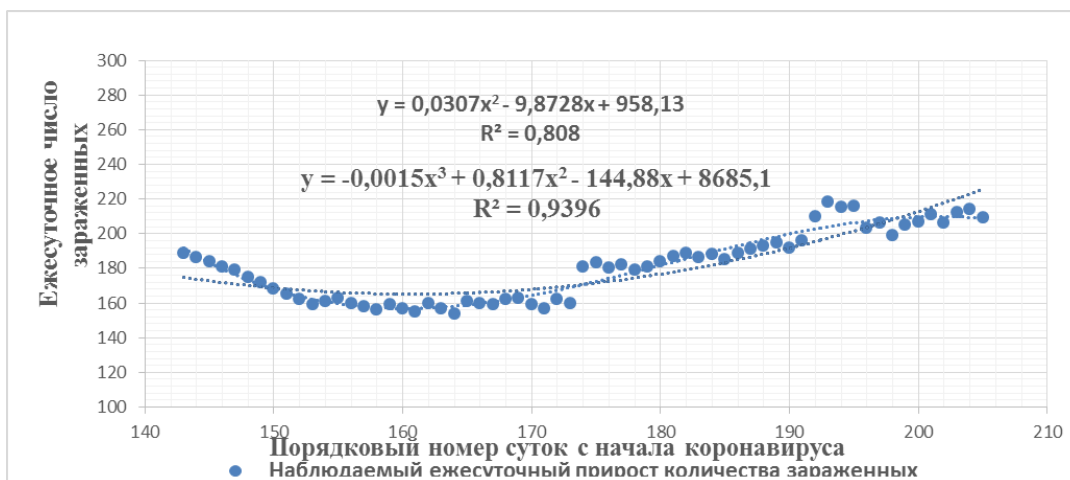


Рис. 6 - Суточные опытные и теоретические количества зараженных жителей Санкт-Петербурга за период с 21.07.2020 по 21.09.2020

Из рисунка следует, что на отрезке от 143-х до 205-х суток изменение прироста числа зараженных описывается кубической функцией регрессии с коэффициентом детерминации, равным 0,9396. Квадратичная зависимость объясняет характер изменения суточной зараженности с большой погрешностью. Однако и она приемлема для практических оценок. Таким образом, за весь рассматриваемый период развития пандемии можно на

отдельных участках с высокой степенью достоверности проводить моделирование полиномиальными функциями регрессии.

В конечном итоге следует заключить, что рассмотренные ключевые показатели позволяют их моделировать и на их основе проводить прогнозирование, а при правильной организации административных и медицинских мероприятий на их основе более успешно решать экономические и управленческие задачи.

#### Список литературы

1. Теория статистики: Учебник / Под ред. проф. Г.Л. Громько. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИРФРА-М, 2006. – 476 с.

2. Герасименко П.В. Введение в эконометрику. Учебное пособие / Герасименко П.В., Ходаковский В.А. // Санкт-Петербург: ПГУПС, 2005. – 60 с.

3. [coronavirus-tracking.ru/sankt](https://coronavirus-tracking.ru/sankt)

4. Герасименко П.В. О негативном влиянии результатов ЕГЭ по математике на подготовку специалистов в вузе и пути их устранения / П.В. Герасименко, В.А. Ходаковский // Проблемы математической и естественно-научной подготовки в инженерном образовании // Тезисы докладов 2-й Международной научно-методической конференции – СПб.: ПГУПС, 2012. – С. 172-173.

5. Герасименко П.В. Тенденции и перспектива математического образования в технических вузах / Герасименко П.В., Ходаковский В.А., Кударов Р.С., Бубнов В.П., Хватцев А.А. // Известия Петерб. ун-та путей сообщения. – СПб. 2017. Т. 14. № 4. С. 727-737.

УДК 004.77

### ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТЕВОГО ТРАФИКА ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА

А.И. Гостеева, Д.А. Пустовских, Е.Е. Истратова

*Новосибирский государственный технический университет*

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования статистических характеристик сетевого трафика, отражающих поведение потоков данных в реальных системах. Экспериментальные данные были получены путем анализа сетевого трафика локальной сети предприятия малого бизнеса. В результате исследования было установлено, что сетевой трафик на больших интервалах времени имеет негауссовскую структуру, а на небольших временных интервалах обладает свойствами самоподобия и может постепенно снижаться при увеличении масштаба агрегирования.

**Ключевые слова:** исследование сетевого трафика, предприятие малого бизнеса, самоподобие, локальная сеть, модель трафика.

### NETWORK TRAFFIC RESEARCH OF A SMALL BUSINESSES LOCAL AREA NETWORK

A.I. Gosteeva, D.A. Pustovskikh, E.E. Istratova

*Novosibirsk State Technical University*

**Abstract.** The article presents the results of the statistical characteristics study of network traffic, reflecting the behavior of data streams in real systems. The experimental data was obtained

by analyzing the network traffic of the local network of a small business enterprise. As a result, it was found that network traffic has a non-Gaussian structure at large time intervals, and it has self-similarity properties and can gradually decrease with increasing aggregation scale at short time intervals.

**Keywords:** network traffic research, small business, self-similarity, local area network, traffic model.

В настоящее время применение локальных сетей является одним из ключевых инструментов повышения эффективности организации работы компании. Это связано с тем, что использование локальных сетей в сфере малого бизнеса позволяет оптимизировать работу за счет обеспечения совместного доступа к серверным программам, ресурсам и оборудованию, а также за счет ускорения обмена информацией и данными между различными сотрудниками предприятия.

При этом проектирование сети компании в сфере малого бизнеса связано со следующими ее характеристиками:

- наличие общего доступа к ресурсам компании в постоянном режиме;
- применение политики разграничения прав доступа пользователей;
- совместное использование сотрудниками оргтехники;
- необходимость обеспечения высокой производительности сети;
- обеспечение высокого уровня защиты информации в сети;
- мобильность сети, то есть возможность оперативного перемещения составляющих ее устройств.

Одной из базовых особенностей планирования и последующей разработки локальной сети компании является анализ сетевого трафика.

Анализ сетевого трафика при передаче данных представляет собой один из ключевых параметров систем связи. Причиной этого является то, что его моделирование позволяет достаточно точно оценить и спрогнозировать динамику изменения трафика, выявить методы повышения качества обслуживания сети и оптимизировать расходы на операторов связи. Именно поэтому применение математических моделей играет важную роль при проектировании и дальнейшей эксплуатации сетей [1].

Рост потоков трафика с одновременным увеличением числа требований со стороны сетевых систем и пользователей, а также динамичный характер данных изменений отрицательно влияют на качество обслуживания сетей. В связи с этим, необходим принципиально новый подход к моделированию сетевого трафика, учитывающий как возможность поддержки производительности сети на достаточно высоком уровне, так и оптимизацию затрат на ее проектирование и эксплуатацию [2].

Цель исследования заключалась в сборе, обработке и анализе статистических характеристик сетевого трафика, отражающих поведение потоков данных в реальных системах. Исследование было проведено на основе локальной сети предприятия малого бизнеса.

В качестве инструментов и методов были применены методы математического анализа, асимптотические методы, теория вероятностей и методы математической статистики.

Для сбора, обработки и анализа статистических характеристик сетевого трафика был применен программный анализатор Wireshark, представляющий собой приложение для сбора данных о всех осуществляемых сетевых взаимодействиях за счет перехвата информационных потоков. Для определения ключевых протоколов в исследуемом виде трафика локальной сети предприятия его анализ был выполнен с учетом доступа в сеть Интернет.

При анализе и моделировании сетевого трафика важными являются процессы выявления и разделения на группы различных по назначению видов трафика. Согласно литературным источникам [3,4], принципы сбора сетевых трафиков, инициирующих различные приложения, могут отличаться, вследствие неоднородного характера самих сетевых протоколов.

Структура сетевого трафика локальной сети предприятия малого бизнеса содержит три основных вида трафика:

- IP-трафик, большая часть которого включает данные о TCP-протоколе;
- UDP-трафик, применяемый для работы интерактивных и мультимедийных приложений;
- трафик, генерируемый протоколами управления.

Анализ показал, что в сетевом трафике преобладают данные транспортного уровня и характер этих данных определяется в основном характеристики IP-трафика. Сложность моделирования IP-трафика связана с тем, что сетевой трафик реализуется при помощи стека протоколов TCP/IP и на каждом уровне имеет собственные характеристики и предназначение. Помимо наличия TCP-трафика, в исследуемой локальной сети присутствует меньшая по объему доля UDP-трафика, при этом данный вид трафика более сглажен и не оказывает значительного влияния на структуру IP-трафика.

Исследование сетевого трафика локальной сети предприятия показало, что он является сложным динамическим процессом и взаимосвязан с многочисленными потоками, которые генерируются различными протоколами. К подобным потокам относится трафик, связанный с управлением компьютерной сетью. Как правило, данный вид трафика обнаруживается при авторизации клиентов или при активизации работы сервера. Особенностью данного вида трафика является его периодичность. Ко второму виду сетевого трафика можно отнести работу сетевых сервисов, осуществляемую при помощи протоколов: DNS, FTP, HTTP, SMTP, POP3 и др.

При сравнении распределений процессов, отвечающих за длительность вызовов и интервалы между ними, было установлено, что они описываются при помощи распределения Парето и имеют неэкспоненциальный характер (рис. 1).

Таким образом, проведенный статистический анализ сетевого трафика локальной сети предприятия малого бизнеса показал, что трафик исследуемой сети на больших интервалах времени имеет негауссовскую структуру. Это объясняется его пульсацией, характеризующей периодичность ежедневных

сетевых нагрузок. Однако при анализе небольших временных интервалов исследуемый сетевой трафик имеет долговременный характер, обладает свойствами самоподобия и может постепенно снижаться при увеличении масштаба агрегирования. Данный факт подтверждает, что анализируемый сетевой трафик является зависимым случайным процессом, что необходимо учитывать при оценивании его производительности.

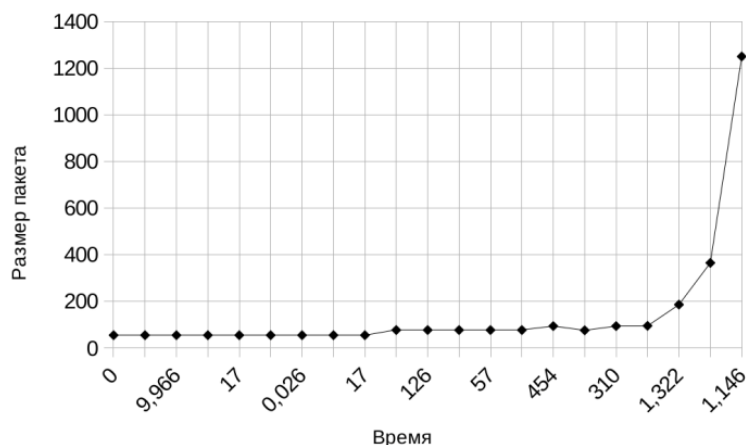


Рис. 1 - Влияние размера пакета на время доставки

#### Список литературы

1. Сидорова, О.И. Математические модели трафика в современных телекоммуникационных системах (дисс. на соиск. научн. ст. ф.-м.т.н.). Тверь: Тверской государственный университет, 2019. – 155 С.
2. Платов, В.В., Петров В.В. Исследование самоподобной структуры телетрафика беспроводной сети //Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2017. – №3. – С. 38–49.
3. Вишневский, В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2018. – 512 С.
4. Крылов, В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. – Спб.: БХВ-Петербург, 2015. – 288 С.

УДК 533.6.011.004.414.23

### ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛООБМЕНА ШАХМАТНОГО ПУЧКА СДВОЕННЫХ РЯДОВ КАПЛЕВИДНЫХ ТРУБ

Равад Дееб

*Национальный исследовательский университет «МЭИ»*

**Аннотация.** В качестве разделительного теплообменника в энергоустановках, работающих по «органическому» циклу Ренкина (ОЦР), могут применяться трубные пучки, при этом наружная поверхность трубок омывается горячим (газовым) теплоносителем, а внутри труб протекает рабочее вещество ОЦР. В данной работе проводится численное исследование теплообмена шахматного пучка сдвоенных рядов труб каплевидной формы. Разработана математическая и численная модель в пакете ANSYS для расчета теплообмена пучка каплевидных труб с учетом напряжённо-деформированного состояния. Получено

распределение температуры в исследуемом пучке, и построены соотношения для расчета среднего числа Нуссельта для рассматриваемого состояния труб пучка.

**Ключевые слова:** каплевидные трубы, поле температуры, деформация, численное моделирование, число Нуссельта.

## INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS OF STAGGERED DOUBLE ROWS OF DROP-SHAPED TUBES BUNDLE

Rawad Deeb

*National Research University "MPEI"*

**Abstract.** Tube bundles can be used as a separation heat exchanger in the "organic" Rankine cycle power plants (ORC), while the hot gas passes over the outer surface, and the working substance ORC flows inside the tubes. A numerical study has been conducted to clarify heat transfer of a cross-flow heat exchanger with staggered bundle of double rows of drop-shaped tubes. A mathematical and numerical model in software package ANSYS has been developed for numerical evaluation of heat transfer of a drop-shaped tubes bundle, with taking into account the strain caused by different pressures inside and outside the tubes. The results of numerical simulation of temperature distribution in the tube's bundle had provided the development of equation to determine the average Nusselt number for the considered tubes bundle.

**Keywords:** drop-shaped tubes, temperature field, deformation, numerical simulation, Nusselt number.

В качестве разделительного теплообменника в энергоустановках, работающих по «органическому» циклу Ренкина (ОЦР), могут применяться трубные пучки, при этом наружная поверхность трубок омывается горячим (газовым) теплоносителем, а внутри труб протекает рабочее вещество ОЦР. В работе [1] проведено численное исследование теплообмена и аэродинамического сопротивления одиночных труб каплевидного и круглого профиля поперечного сечения при поперечном обтекании воздухом. Было найдено, что теплоаэродинамическая эффективность каплевидной трубы с относительным удлинением профиля ( $L/D=4$ ) примерно в 11,5 ~ 20,2 раза больше, чем для одиночной круглой трубы. Жукова и др. [2] экспериментально исследовали конвективный теплообмен труб различной формы, расположенных рядом, друг относительно друга и находящихся в узком канале при угле атаки  $0^\circ$ . Авторы пришли к выводу, что при обтекании каплевидных труб со стороны большого диаметра потери давления составляют до 30% всех потерь, что приводит к падению сопротивления. Deeb [3] численно исследовал влияния продольного шага на характеристики потока и теплообмен при поперечном обтекании шахматного пучка труб каплевидной формы при нулевом угле атаки. Результаты показывают: теплоаэродинамическая эффективность пучка каплевидных труб примерно в 18,1 ~ 43,7 раза больше, чем пучка труб круглого сечения.

В данной работе проводится численное исследование теплообмена пучка каплевидных труб (рис. 1). Геометрические характеристики поперечного сечения каплевидной трубы представлены на рис. 2. Эквивалентный диаметр  $D_{эк} = 22,5$  мм, поперечное и продольное шаги в диапазоне  $S_{поп} = 18,5$  мм и  $S_{про} = 37$  мм соответственно.

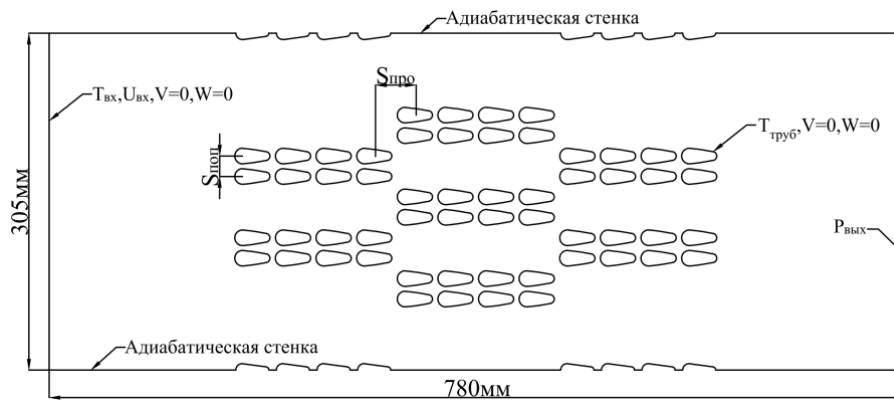


Рис. 1 - Двумерный канал с пучком каплевидных труб

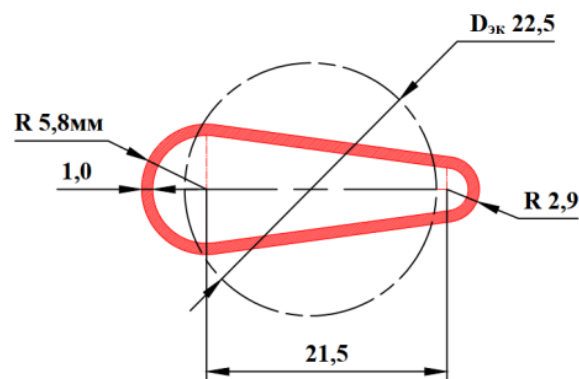


Рис. 2 - Поперечное сечение каплевидной трубы без нагрузки

Задача вынужденной конвекции решалась в Ansys Fluent [4] в двумерной стационарной постановке с использованием приближения вязкой несжимаемой жидкости с постоянными теплофизическими свойствами, с учетом возможной турбулизации потока и без учета теплообмена излучением. Система дифференциальных уравнений сохранения включает в себя уравнение неразрывности, две проекции уравнения движения, уравнение энергии:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \cdot U_i) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \cdot U_i \cdot U_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} [U_i \cdot (\rho \cdot E + p)] = \frac{\partial}{\partial x_i} (\lambda_{\Sigma} \cdot \frac{\partial T}{\partial x_i}), \quad (3)$$

где  $i$  – индекс 1 и 2 ;  $U$  - скорость воздуха;  $\rho$  - плотность воздуха;  $P$  - давление воздуха;  $\tau_{ij}$  – тензор вязких напряжений;  $\lambda_{\Sigma}$  - «эффективный» коэффициент теплопроводности среды;  $T$  - температура воздуха.

В данном исследовании используется модель турбулентности RNG k-ε [4] с функцией “Enhanced wall Treatment”, как и в работе [1]. Верификация разработанной математической и численной модели подтверждена в ранее

опубликованной работе [1]. Расчетная сетка генерируется с использованием ICEM CFD. Для наиболее точной симуляции сетка (Quad элементы) строилась со сгущением в областях наибольшего градиента скорости (рис. 3). Моделирование напряженно-деформированного состояния проведено с помощью ANSYS Static Structural, определены деформации, вызванные разностью давлений внутри и снаружи труб (рис.4).

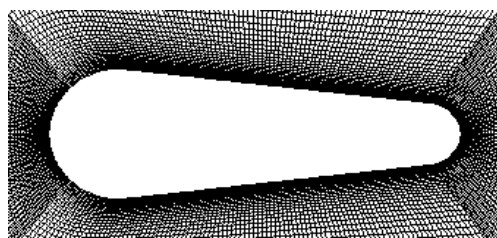


Рис. 3 - Расчетная сетка в окрестности каплевидной трубы

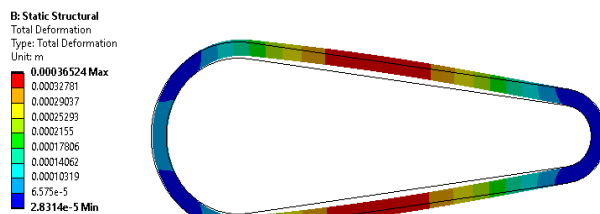


Рис. 4 - Состояние «под нагрузкой»

В качестве внешнего теплоносителя, обтекающего пучок, рассматривался поток воздуха со скоростью на входе в канал  $U_{вх}=1,33 \sim 14$  м/с, что соответствует числам Рейнольдса  $Re= 1,3 \times 10^3 \sim 18,7 \times 10^3$ , при температуре  $T_{вх}=56,5$  и атмосферном давлении. Давление воды внутри трубы составляет 14 бар, при средней температуре стенки  $T_{труб}=20,8$ . Теплофизические свойства рассчитываются по средней температуре набегающего потока.

Линии тока помогают отследить путь частиц жидкости по периметру трубы и также указывают на плотность и расположение вихрей, образованных в пучке. При скорости набегающего потока  $U_{вх}=1,33$  м/с (рис. 5, а) есть три отрывные зоны: две на боковых поверхностях и одна в кормовой части труб. Отрыв пограничного слоя от поверхности обусловлен силами трения, изменением давления и скорости, также отрыв потока может происходить в результате увеличения сопротивления давления, вызванного перепадом давления протекающего воздуха между передней и задней поверхностями трубы.

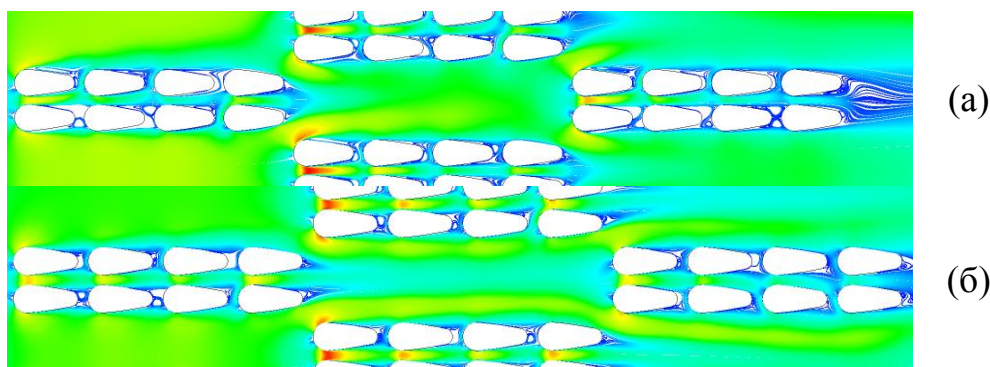


Рис. 5 - Линии тока:  $U_{вх}= 1,33$  м/с (а);  $U_{вх}= 14$  м/с (б)



С увеличением скорости потока до  $U_{\text{вх}}=14$  м/с вихревые зоны на боковых поверхностях трубы уменьшаются, а их интенсивность увеличивается на ее задней поверхности (рис. 5, б). Это связано с тем, что при высоких значениях скорости поток становится более мощным, что позволяет пограничному слою сдвигаться дальше вниз по потоку.

Температура воздуха в пучке труб уменьшается за счет нагрева поверхности трубы. На рис. 6 представлены распределения температуры при  $U_{\text{вх}}=1,33$  и 7 м/с. По мере увеличения скорости набегающего потока на входе в канал увеличивается перемещение жидкости в кормовой части труб, что приводит к усилению теплоотдачи.

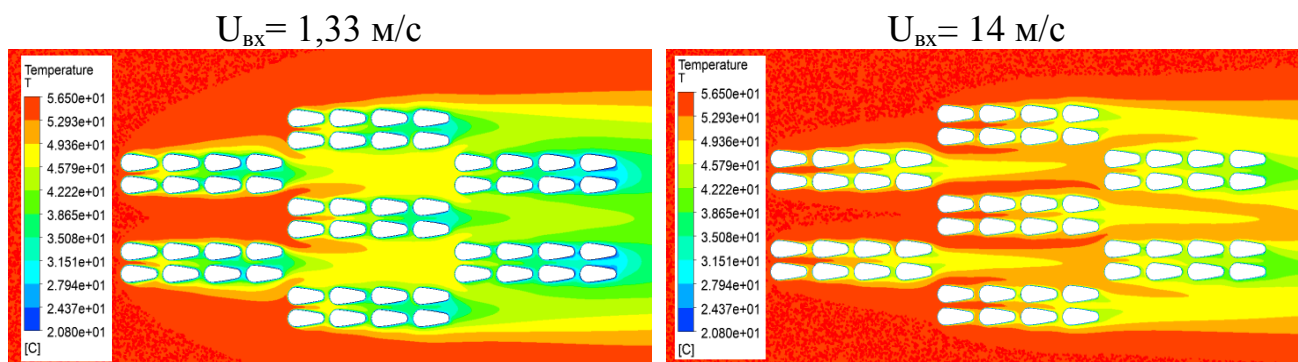


Рис. 6 - Поле температуры

Среднее число Нуссельта пучка определялось по результатам вычислительного эксперимента как:

$$Nu_{\text{cp}} = \frac{\alpha_{\text{cp}} \cdot D_{\text{эк}}}{\lambda} \quad (4)$$

Средний по поверхности пучка коэффициент теплоотдачи вычисляется по формуле:

$$\alpha_{\text{cp}} = \frac{1}{F} \int_0^F \alpha \cdot dF \quad (5)$$

Рис. 7 показывает средние числа Нуссельта по пучку для соответствующих чисел Рейнольдса ( $Re_D = \rho \cdot u_{\text{cp}} \cdot D_{\text{эк}} / \mu$ , где  $\mu$  – динамическая вязкость), рассчитанные по средней скорости потока в узком сечении пучка  $u_{\text{cp}}$  из решения ANSYS.

Согласно рис. 7 средние числа Нуссельта увеличиваются по мере увеличения скорости набегающего потока. Это связано с увеличением интенсивности турбулизации воздуха за рядами труб, где пограничный слой рядов труб становится тоньше. При увеличении скорости воздуха до 14 м/с среднее число Нуссельта пучка увеличивается примерно на 10,51%. Следует отметить, что ряды номер 5; 6; 7; 8 имеют более высокие значения  $Nu_{\text{cp}}$ , чем остальные ряды, поскольку они содержат большее количество труб и, следовательно, большие поверхности для передачи тепла (рис. 8). Также Первая труба в каждом поперечном ряду имеет больше  $Nu_{\text{cp}}$ , чем следующие трубки в

том же ряду, поскольку температура воздуха снижается по мере прохождения через ряды труб.

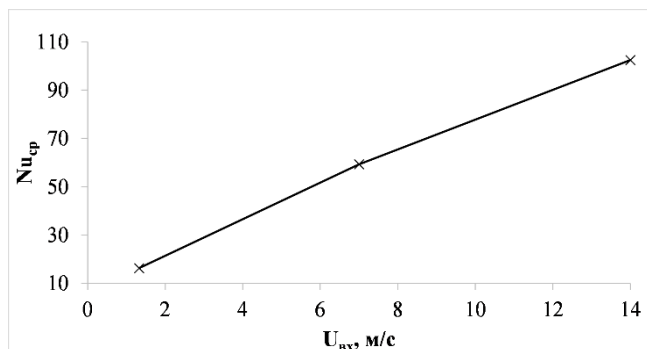


Рис. 7 - Среднее число Нуссельта пучка

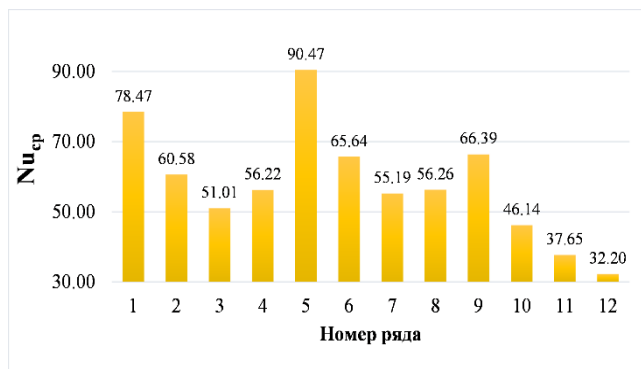


Рис. 8 - Среднее число Нуссельта каждого ряда при  $U_{вх}=7 \text{ м/с}$

Результаты вычислительного эксперимента обработаны в виде следующей корреляции:

$$Nu_{cp} = 0,043 \cdot Re_D^{0,7495} \cdot Pr^{1/3} \quad (6)$$

Уравнение (6) применимо для диапазона чисел  $Re = 1,3 \times 10^3 \sim 18,7 \times 10^3$  и  $Pr \cong 0.7$ .

Таким образом, разработана математическая и численная модель для расчета теплообмена шахматного пучка сдвоенных рядов каплевидных труб с помощью пакета ANSYS с учетом напряженно-деформированного состояния труб. Получены распределения температуры потока теплоносителя в пучке труб. Представлено уравнение подобия, позволяющее определить средние по рассмотренному пучку каплевидных труб числа Нуссельта в зависимости от средней скорости в узком сечении пучка. Полученные результаты могут служить основой для дальнейших исследований теплообмена пучков труб каплевидной формы.

#### Список литературы

1. Деев Р., Сиденков Д.В. Численное исследование теплообмена и аэродинамики одиночных труб каплевидной формы // Вестник Международной академии холода. 2020. Том. 76. №. 3.
2. Жукова Ю.В., Терех А.М. и Руденко А.И. Исследование конвективного теплообмена пакетов каплеобразных труб // Конф. X школа-семинар по проблемам тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении. Казань, Россия 13-15 сентября 2016.
3. Deeb R. Effect of Longitudinal Spacing on The Flow and Heat Transfer for Staggered Drop-shaped Tubes Bundle in Cross-flow//Physical-Chemical Kinetics in Gas Dynamics. 2020. V.21, Iss. 1. DOI: 10.33257/PhChGD.21.1.878
4. ANSYS, Inc. ANSYS Fluent Reference Guide16.0. – 2015.

УДК 004.52

## РАЗРАБОТКА ГОЛОСОВОГО АССИСТЕНТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИОТ УСТРОЙСТВОМ

Е.А. Дудник, С.С. Нагих

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** В процессе выполнения бакалаврской работы были изучены особенности голосовой коммуникации, реализованы функции распознавания и синтеза речи, разработано и протестировано программное обеспечение.

**Ключевые слова:** IoT, Интернет вещей, нейронная сеть, голосовой ассистент, управление устройствами.

## DEVELOPMENT OF A VOICE ASSISTANT FOR MANAGEMENT IoT DEVICE

E.A. Dudnik, S.S. Nagih

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University  
named after I.I. Polzunov*

**Annotation.** In the process of performing the bachelor's work, the features of voice communication were studied, the functions of recognition and speech synthesis were implemented, and software was developed and tested.

**Key words:** IoT, Internet of things, neural network, voice assistant, device control.

### Введение

Голосовой помощник — программное обеспечение, позволяющее управлять мобильным устройством или компьютером посредством голосовых команд. Современный голосовой помощник (или "виртуальный ассистент" от англ. "virtual assistant") может упростить поиск информации в Интернете, запустить различные системные функции и приложения и даже выступать в роли виртуального собеседника.

Помимо распознавания голоса, виртуальный ассистент может также озвучивать текстовую информацию (например, результаты поиска), "говорить" с человеком или "общаться" с ним в виде текстового чата. Полноценный диалог ни с одним из голосовых помощников, к сожалению, пока невозможен. Однако разработчики трудятся над улучшением искусственного интеллекта и постоянно совершенствуют корректность реакции своих программ на реальные вопросы пользователей.

При всём этом функционале ни один из массово распространённых голосовых помощников, таких как Алиса, Cortana, Google assistant и т.д., не может полноценно взаимодействовать с IoT.

IoT, или интернет вещей, — это сеть связанных через интернет объектов, способных собирать данные и обмениваться данными, поступающими со встроенных сервисов. Устройства, входящие в интернет вещей, — любые автономные устройства, подключённые к интернету, которые могут отслеживаться и/или управляться удалённо.

Такие устройства и экосистемы объединенных вместе устройств, называемые «умный дом», распространяются повсеместно и проникают во многие сферы нашей жизни, упрощая и автоматизируя рутинные процессы.

Некоторые из устройств работают автономно, не нуждаясь в постоянном контроле извне, например включение света в комнате по приходу в неё человека или автоматическое поддержание комфортной температуры в помещении. Но есть и другие, над которыми необходим контроль.

Сейчас чаще всего для управления «умными» устройствами используется смартфон, но это не всегда может быть удобно. Также представлено управление голосовыми командами, но оно реализовано на базе существующих ассистентов, которые, как уже было сказано, предназначены не совсем для этих целей. Поэтому управление в них сводится к набору заранее заготовленных пользователем голосовых команд, которые нужно в точности произносить.

Человеку, по своей природе, проще не запоминать и повторять шаблон, а излагать свою мысль по-разному – так как она придёт ему в голову. В связи с этим, была поставлена цель – разработать голосовой ассистент для повышения удобства работы с IoT устройствами, который имел бы возможности распознавания синонимичных фраз, понимания контекста речи и функцией поддержания диалога для возможности уточнения формулировки запроса.

Чтобы полноценно функционировать, голосовой ассистент должен иметь следующие возможности:

1. Распознавать и синтезировать речь для коммуникации с пользователем;
2. Потреблять минимальные ресурсы при работе в режиме ожидания;
3. Классифицировать запросы пользователя с целью правильного ответа или выполнения действия;
4. Составлять краткие ответы и уметь задавать вопрос о правильности понятия сказанной ему команды;
5. Уметь поддерживать контекст речи.

### **Выбор методов и направления решения задачи**

Существующие программные продукты прежде всего рассчитаны на осуществление поискового запроса, выполнение какого-либо действия с персональным компьютером или смартфоном, поддержание беседы.

Функции управления устройствами «умного» дома в них появляются по мере вхождения этих устройств в нашу жизнь, и управление ими зачастую выглядит как заранее установленная фраза, соответствующая определенному действию.

Поэтому основным направлением является разработка специализированного голосового ассистента, направленного на управление устройствами «умного» дома. Этого позволит добиться разработка обширного словаря синонимов и рекуррентной нейронной сети.

### **Выбор программного обеспечения**

Для реализации поставленных задач был выбран язык программирования Python, так как он содержит большое количество библиотек для работы с

машинным обучением, таких как TensorFlow или Kera, и наиболее распространен в данной сфере [1].

В качестве системы управления СУБД и работы с ней была выбрана MySQL 8.0, отличается высокой скоростью работы и достаточно высоким уровнем защищенности, поддержкой нескольких одновременных запросов, гибкой системой привилегий и паролей [2-3].

Для реализации связи с системами управления устройствами используется архитектура REST. Она определяет ряд архитектурных принципов проектирования Web-сервисов, ориентированных на системные ресурсы, включая способы обработки и передачи состояний ресурсов по HTTP разнообразными клиентскими приложениями, написанными на различных языках программирования [4].

Необходимое оборудование: может быть использован микрокомпьютер Микрокомпьютер Raspberry Pi (или аналогичные) с подключенными устройствами ввода и вывода звука либо персональный компьютер, который будет удовлетворять минимальным системным требованиям:

- процессор Intel Celeron G4900 или AMD Sempron 2650;
- не менее 1 ГБ оперативной памяти;
- 1 ГБ свободного места на жестком диске;
- базовый графический процессор любого поставщика;
- микрофон;
- устройство воспроизведения звука;
- доступ к сети интернет.
- Программные средства:
- Windows 8/8.1/10 или OS Linux;
- Среда разработки программного обеспечения MS Visual Studio 2019;
- NET Core – модульная платформа для разработки кроссплатформенного программного обеспечения;
- Система управления базами данных SQLiteStudio;
- Microsoft Speech Platform SDK набор программных модулей для приложений поддержкой речевых технологий.

#### **Описание методики**

Голосовой ассистент разработан в среде Microsoft Visual Studio с использованием фреймворка .Net core. Для исполнения Python скриптов использован пакет динамических языков IronPython. Для работы с базой данных использован фреймворк Microsoft Entity Framework Core.

Для создания и администрирования базы данных используется СУБД SQLite studio. База данных построена на основе инфологической модели и разработана согласно технологии доступа Entity Framework Core.

Модули искусственного интеллекта разработаны на языке Python с применением библиотеки TensorFlow – открытая программная библиотека для машинного обучения.

Для формирования запросов управления устройствами применён архитектурный стиль взаимодействия для компонентов распределенной системы REST Api.

Схема обработки запросов пользователя представлена на рисунке 1.

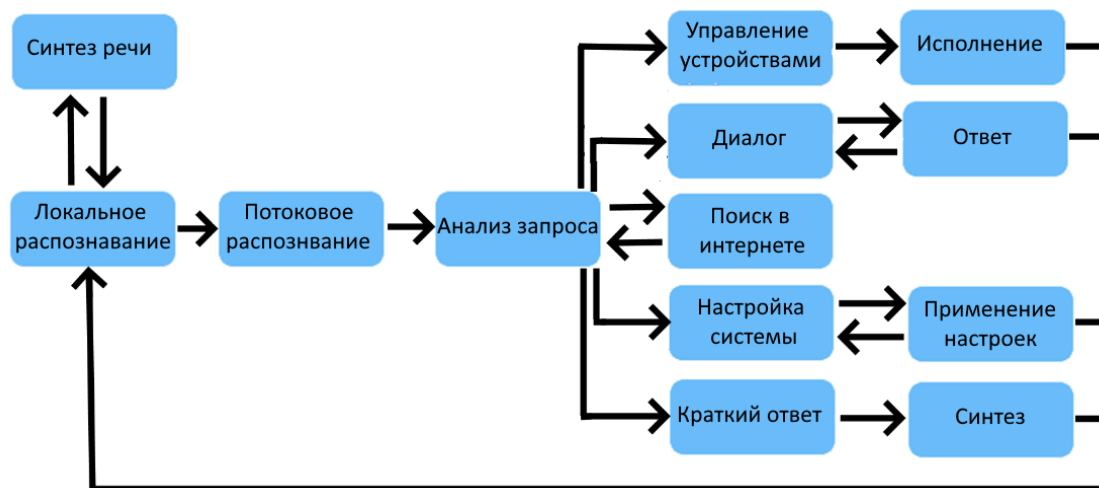


Рис. 1 – Схема работы программы

### Обсуждение результатов

Голосовой ассистент позволяет:

- Управлять «умными» устройствами;
- Изменять настройки имени, голоса, скорости речь, тембра и др.;
- Осуществлять поиск информации в интернете или краткий ответ;
- Устанавливать расписание действий для устройств;

Для управления умными устройствами необходимо обратиться к ассистенту и сказать, что вы хотите сделать. Благодаря механизмам распознавания ассистент либо выполнит ваш запрос, либо задаст уточняющий вопрос.

Для изменения каких-либо параметров нужно обратиться к ассистенту, сказать ему фразу «перейди в режим настройки» и далее при помощи голосовых команд производить настройку.

Можно задавать ассистенту вопросы по типу «Который час?». Если ответ на подобный вопрос может быть кратко произнесен и ассистент знает на него ответ, то он будет озвучен. В других случаях ассистент откроет страницу поиска в браузере с вашим запросом при наличии технической возможности, иначе, если такой возможности нет, он попросит вас осуществить поиск информации самостоятельно.

Можно задавать расписание действий, например, включения или отключения устройств по средствам голосовых команд. Далее представлен контрольный пример, на котором продемонстрирована работа программы.

Составим расписания действий:

1. Произведем обращение к ассистенту по стандартному имени «Петрович»;

2. Попросим включить освещение;
3. Зададим вопрос «который час?»;
4. Зайдем в режим настроек;
5. Сменим имя ассистента на «Петровна», а голос на женский;
6. Сформируем запрос на отключение освещения в 23:00;
7. Сформулируем поисковый запрос к сайту Рубцового индустриального института.

### Результаты тестирования приложения

Главное окно несет в себе только вспомогательную роль, потому что основное взаимодействие с ассистентом происходит по средствам голосовой коммуникации. Главное окно после обращения к ассистенту с несколькими запросами представлено на рисунке 2.

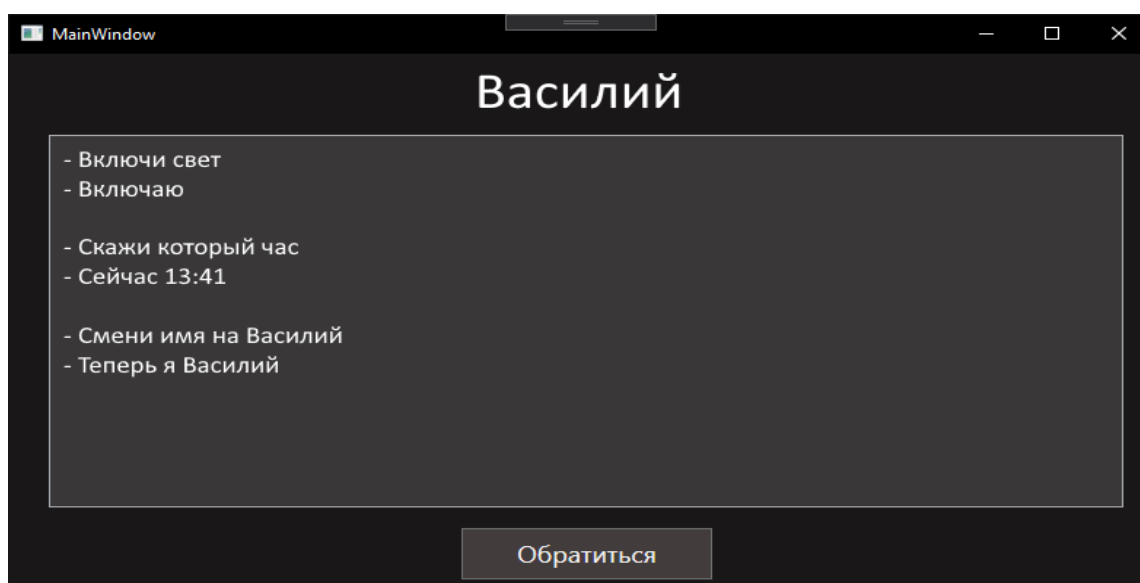


Рис. 2 – Пример работы

Как видно из рисунка, что реализованы функциональные возможности в ассистенте функции краткого ответа на вопрос или же поиск информации в интернете, если ответить кратко на него не представляется возможным. При необходимости возможно добавление иных систем управления устройствами, а также добавление дополнительных подсистем.

### Заключение

Для работы с ассистентом было реализовано локальное распознавание его имени с возможностью замены. Для повышения отзывчивости и производительности системы распознавание запроса пользователя реализовано потоковым методом.

Чтобы производить полноценную коммуникацию с пользователем реализована система синтеза речи. В ней возможны изменения настроек воспроизводимого голоса, таких как: скорость, тембр, выбор между мужским и женским голосами.

Так как ассистент разрабатывался, прежде всего, для повышения удобства управления умными устройствами, то для этого реализован механизм

классификации запросов на управление по типу устройства и по типу действия с ним. Обширная база синонимов позволяет выражать свои запросы различным образом, удобным для каждого человека.

#### Список литературы

1. Н. Шакла, Машинное обучение и TensorFlow / Нишант Шакла. - М.: Издательство СПбГУ, 2018. - 336 с.
2. Грофф Джеймс Р., Вайнберг Пол Н., Оппель Эндрю Дж. SQL. Полное руководство, 3 издание // Вильям, 2015. – 959 с.
3. Шварц Б., Ткаченко В., Зайцев П. MySQL по максимуму [3-е издание] [Текст] // Изд-во Бестселлеры O'Reilly (Питер)-2018 г. – 864 с.
4. IBM. Web-сервисы RESTful: основы [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-restfu/index.html> свободный. – Загл. с экрана.

#### УДК 004.9

### SEO АНАЛИЗ САЙТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Е.А. Дудник, Т.С. Нагих

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Проведен SEO анализ сайта образовательного учреждения Рубцовского индустриального института, выработаны рекомендации для оптимизации сайта.

**Ключевые слова:** сайт, система управления контентом, образовательное учреждение.

### SEO ANALYSIS OF THE SITE OF THE EDUCATIONAL INSTITUTION

E.A. Dudnik, T.S. Nagih

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University  
named after I.I. Polzunov*

**Annotation.** SEO analysis of the site of the educational institution of Rubtsovsk Industrial Institute was carried out, recommendations for site optimization were developed.

**Key words:** website, content management system, educational institution.

#### Введение

SEO (Search Engine Optimization, поисковая оптимизация) – это всестороннее развитие и продвижение сайта для его выхода на первые позиции в результатах выдачи поисковых систем (SERPs) по выбранным запросам с целью увеличения посещаемости и дальнейшего получения дохода.

Чем выше позиция сайта в результатах поиска, тем больше пользователей переходит на него. Поэтому важное значение для результатов продвижения имеют работы по:

- повышению соответствия страниц поисковым запросам (релевантности),
- оптимизации структуры и контента,
- улучшению коммерческих факторов,
- оптимизации кода страниц,
- наращиванию внешних факторов значимости ресурса.



Правила оптимизации задаются поисковыми системами. Каждая из них использует и регулярно обновляет собственные алгоритмы ранжирования, которые складываются из множества факторов. И, хотя формулы находятся в секрете, специалисты знают, какие факторы имеют наибольший вес. Воздействуя на них, можно улучшить позиции по ключевым запросам в результатах поиска.

Крайне важное значение для результатов продвижения имеет поведение пользователей, удобство интерфейса и скорость загрузки сайта [4]. С развитием и усложнением алгоритмов значение вышеперечисленных факторов неуклонно растет, что в итоге делает поисковую выдачу более качественной. Поисковые системы стремятся выдавать наиболее полезный материал на запрос пользователя. Следовательно, владельцам ресурса необходимо публиковать максимально интересный для его аудитории контент.

И если это работает сегодня, не факт, что будет работать завтра. Сервисы постоянно меняются, перестраиваются. Вместе с ними меняются и подходы.

Целью данной работы является проведение SEO аудита (анализа) сайта rubinst.ru и прогнозирование трафика. Задачи, которые необходимо выполнить: собрать статистические данные; пояснить терминологию; выявить ключевые слова и фразы; выявить текущее положение в поисковой выдаче; проанализировать «конкурентов»; составить список рекомендаций; спрогнозировать трафик

### **Динамика видимости**

Видимость — это показатель, который определяет количество показов по выбранным ключевым фразам, исходя из занимаемых позиций сайта в поисковой выдаче. На рисунке 1 представлен график, отражающий динамику видимости за прошедший год.



Рис. 1 - График видимости

Как видно из рисунка 1, данный показатель видимости показал, что обращения к сайту возрастают в начале учебного года и падают по окончании учебного года.

### Динамика трафика за год

Трафик сайта – это количество посетителей, пришедших на веб-ресурс за определенное время [1]. На рисунке 2 представлен график, отражающий динамику трафика за прошедший год.

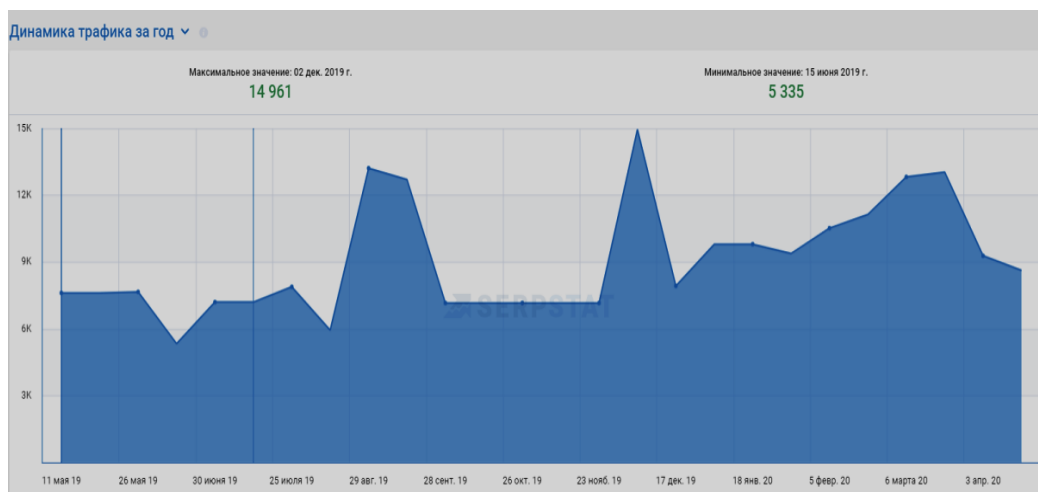


Рис. 2 - Трафик сайта

Как видно из рисунка, трафик сайта наиболее активен в августе, декабре и хорошо коррелирует с графиком видимости.

### Динамика количества ключевых фраз

Ключевые фразы – это отдельные слова либо их сочетания, которые пользователи Интернета вводят в поисковую строку, чтобы найти информацию [2]. Корректно подобранные «ключевики» способны обеспечить сайту большой приток целевой аудитории. Динамика количества ключевых фраз представлена на рисунке 3.



Рис. 3 - Динамика ключевых фраз

Ключевые фразы, входящие в топ 100: «защита от свч излучения», «табель форма», «влияние электромагнитного поля» и т.д. Общее количество ключевых фраз в топ 100 равно 9540, новые и потерянные фразы составляют порядка 5%, по данным за прошлый год.

#### Позиция в поисковой выдаче

Данные получены с помощью сервиса Яндекс.XML (рисунок 4).



The screenshot shows a table titled 'Запросы' (Queries) with a red 'Я' logo in the top right corner. The table lists three queries and their corresponding search results for the website rubinst.ru.

Запросы	Результат
вузы рубцовска	47
вузы алтайского края	-
вузы россии	-


Рис. 4 - Результат запросов для сайта rubinst.ru

Как видно из рисунка 4, сайт rubinst.ru занимает 47 место по запросу «вузы рубцовска», и не попадает в топ 100 по двум оставшимся запросам.

#### Сопоставление с конкурентами

В качестве прямых конкурентов рассмотрим сайт Рубцовского филиала АГУ (rb.asu.ru) и сайт головного вуза АлтГТУ (altstu.ru)

На рисунках 5 и 6 представлены результаты запросов к соответствующим сайтам с помощью сервиса Яндекс.XML



The screenshot shows a table titled 'Запросы' (Queries) with a red 'Я' logo in the top right corner. The table lists three queries and their corresponding search results for the website rb.asu.ru.

Запросы	Результат
вузы рубцовска	31
вузы алтайского края	-
вузы россии	-

Рис. 5 - Результат запросов для сайта rb.asu.ru



The screenshot shows a table titled 'Запросы' (Queries) with a red 'Я' logo in the top right corner. The table lists three queries and their corresponding search results for the website altstu.ru.

Запросы	Результат
вузы рубцовска	80
вузы алтайского края	37
вузы россии	-

Рис. 6 - Результат запросов для сайта altstu.ru

Ниже на рисунках 7-9 представлено SEO сравнение сайтов rubinst.ru, altstu.ru, rb.asu.ru. Сравнение произведено по следующим показателям:

- Количество страниц в Яндекс
- Количество страниц в Google
- Социальный индекс Вконтакте
- Социальный индекс Одноклассники
- Социальный индекс Facebook
- Социальный индекс Мой мир
- WOT – доверие к сайту
- WOT – безопасность для детей

Результаты представлены в виде круговых диаграмм.

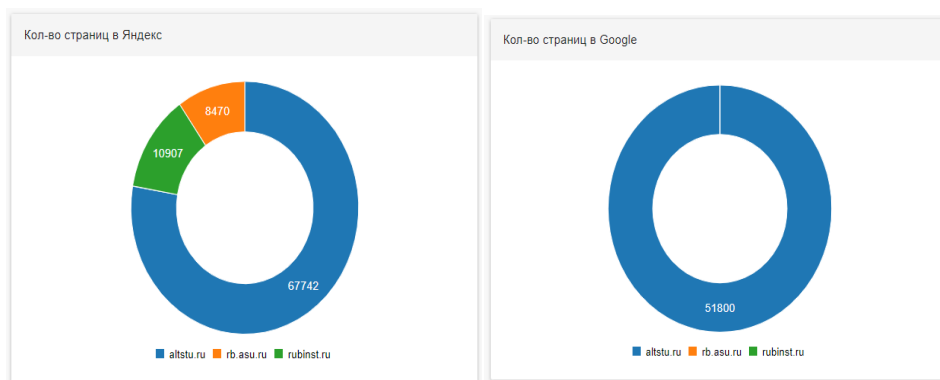


Рис. 7 - Количество страниц в поисковых системах  
Обозначение rubinst.ru (зеленый цвет), altstu.ru (синий цвет), rb.asu.ru

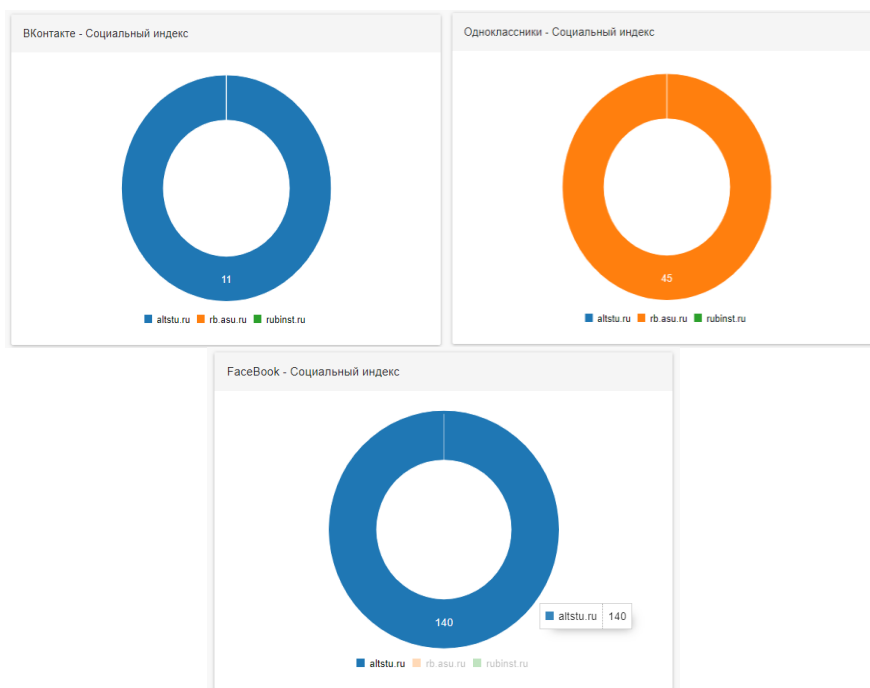


Рис. 8 - Социальный индекс  
Обозначение rubinst.ru, altstu.ru, rb.asu.ru

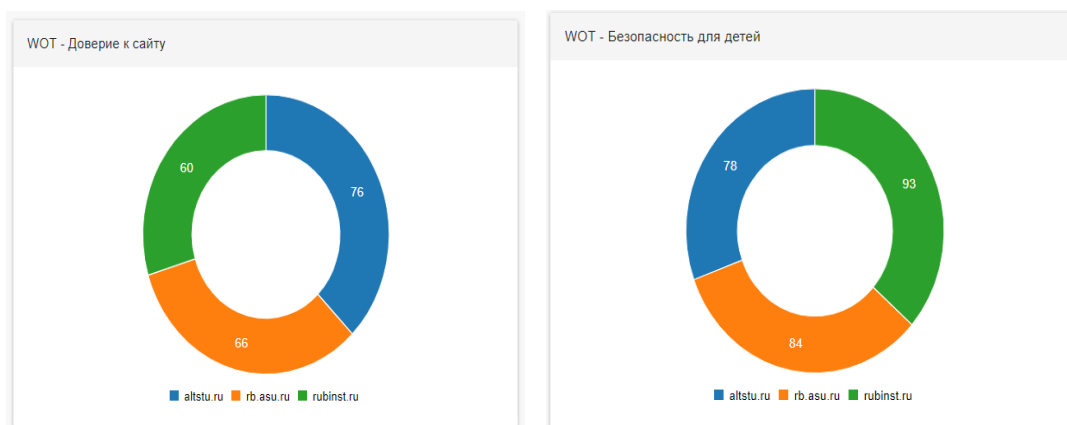


Рис. 9 - Индекс доверия и безопасности  
Обозначение rubinst.ru, altstu.ru, rb.asu.ru

Как видно из рисунков 6-8, по количеству страниц в поисковых системах и по социальному индексу сайт РИИ АлтГТУ нуждается в оптимизации.

### Рекомендации по улучшению оптимизации сайта

Для увелечения посещаемости сайта необходимо выполнить следующие действия:

1. Произвести установку и настройку счётчиков Google Analytic, Яндекс.Метрика;
2. Проверить настройки индексации сайта поисковыми системами;
3. Избавиться от ненужных внешних ссылок на сайте;
4. Использовать микроразметку контента;
5. Проверить сайт на ошибки вида 3xx, 4xx, 5xx и устранить найденные.

### Заключение

SEO оптимизация играет огромную роль в продвижении сайтов [3]. Сравнительный анализ с сайтами конкурентов выявил ряд достоинств и недостатков, а именно недостаточную активность в некоторых социальных сетях, но при этом высокие индексы доверия и безопасности сайта. В ходе анализа были собраны статистические данные динамики трафика и видимости сайта за прошедший год, выявлены ключевые фразы, установлено место в поисковой выдаче по ряду наиболее актуальных запросов.

Был сформирован ряд рекомендации, основанный на проведенном аудите, спрогнозирована потенциальная посещаемость страниц лидеров сайта, при выполнении вышеописанных требований. Для дальнейшего улучшения работы сайта необходимо произвести оценку удобства использования.

SEO оптимизация позволит сайту подняться выше в поисковой выдаче, что означает повышение престижа и известности вуза, что приведет к увеличению количества абитуриентов, желающих поступить именно в РИИ АлтГТУ.

### Список литературы

1. Google Analytics: профессиональный анализ посещаемости веб-сайтов.: Пер. с англ. — М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2009. — 400 с.: ил. — Парал. тит. англ.

2. Компьютеры, сети, Интернет: Энциклопедия. 2-е изд./Под общей ред. Ю.Н. Новикова.—СПб.: Питер, 2003.—832 с.: ил.

3. Кажарнович, В.Ф. SEO на результат: простые и понятные методы продвижения в интернете / В.Ф. Кажарнович. - М.: Питер, 2017. - 473 с.

4. Энж, Эрик SEO. Искусство раскрутки сайтов / Эрик Энж и др. - М.: БХВ-Петербург, 2014. - 668 с.

**УДК 004.915**

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ КНИГИ О ПАТРИАРХЕ НИКОНЕ**

Е.А. Дудник, А.Д. Рогозянский

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова»*

**Аннотация.** Статья посвящена разработке электронной версии книги Севастьяновой С.К. Материалы к «Летописи жизни и литературной деятельности патриарха Никона». Использована многофакторная регрессионная математическая модель для прогнозирования популярности электронных изданий.

**Ключевые слова:** электронная книга, патриарх Никон, дизайн, Интернет.

## **DEVELOPMENT OF THE ELECTRONIC VERSION OF THE BOOK ABOUT PATRIARCH NIKON**

**E.A. Dudnik, A.D. Rogozyansky**

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University  
named after I.I. Polzunov*

**Annotation.** The article is devoted to the development of an electronic version of the book by S.K. Sevastyanov. Materials for "Chronicle of the life and literary activity of Patriarch Nikon". Used a multivariate regression mathematical model to predict the popularity of electronic publications.

**Key words:** e-book, patriarch Nikon, design, internet.

### **Введение**

На сегодняшний день электронным книгам отдают предпочтение все больше людей. Прежде всего основным плюсом электронных книг является их доступность и они намного дешевле. В интернете можно найти десятки сайтов, где бесплатно можно прочесть монографии, книги, исследования или энциклопедии. Электронные книги идеально подходят для путешествий. На носителях информации можно загрузить до 3000 книг. Устройство, в котором хранятся электронные книги, не вредит зрению, так как яркость экрана невысокая. К преимуществам следует отнести возможность управления из любой точки мира и отсутствие зависимости от каких-либо других устройств, за исключением Wi-Fi точки доступа, для работы такого устройства требуется только доступ в интернет.

В данной статье объектом исследования является технология разработки электронной книги. В качестве предмета исследования выбрана книга Севастьянова С.К. Материалы к «Летописи жизни и литературной деятельности патриарха Никона» [1].

Целью работы является разработка электронной версии книги о патриархе Никоне. Задачи, которые необходимо решить для достижения цели:

- Исследовать востребованность электронных изданий;
- Разработать схему работы с электронной книгой (ЭК);
- Разработать дизайн электронной версии книги;
- Добавить следующие возможности: аудиовоспроизведение; видеовоспроизведение; всплывающие сноски; карта путешествий патриарха; помощь для работы с электронной книгой.
- Разработать мобильную версию книги.

### Описание методики

Исследовались популярность и востребованность электронных изданий с использованием математической регрессионной модели прогнозирования [2].

В исследуемой задаче взяты значения зарегистрированных электронных изданий за определённый период. Делался прогноз роста количества зарегистрированных электронных изданий за год. Входные данные были выбраны и собраны из открытого источника [3]. Прогнозирование проводилось с помощью регрессионной однофакторной модели, расчет проводился для двух зависимостей: линейной и логарифмической. Суть выбранной модели заключается в вычислении возможного количества изданий в заданный период по известным статистическим данным.

Для построения модели были собраны последние данные за период 2014-2017 годов по зарегистрированным электронным изданиям. Данные по ключевым показателям представлены в таблице 1.

Таблица 1

Номер года (ед.)	1	2	3	4
Год	2014	2015	2016	2017
Зарегистрированные электронные издания (тыс.шт.)	12,284	12,467	12,600	12,746

Рассмотрены линейная и логарифмическая зависимости:

- $y = a + bx$ ;
- $y = a \cdot \ln x + b$ .

Для нахождения значений параметров регрессий  $a$  и  $b$  использовался метод наименьших квадратов:

$$\begin{cases} a \cdot n + b \cdot \sum x = \sum y \\ a \cdot \sum x + b \cdot \sum x^2 = \sum y \cdot x \end{cases} \quad \text{и} \quad \begin{cases} a \cdot n + b \cdot \sum \ln x = \sum y \\ a \cdot \sum \ln x + b \cdot \sum (\ln x)^2 = \sum y \cdot \ln x \end{cases}$$

где  $n$  - количество опытов;  $x$ ,  $y$  – исходные данные;  $a$ ,  $b$  – искомые коэффициенты уравнения регрессии.

Составим систему для метода наименьших квадратов:

$$\begin{cases} 4 \cdot a + 10 \cdot b = 50.097 \\ 10 \cdot a + 30 \cdot b = 126.002 \end{cases} \quad \text{и} \quad \begin{cases} 4 \cdot a + 3.18 \cdot b = 50.1 \\ 3.18 \cdot a + 3.61 \cdot b = 40.15 \end{cases}$$

Решив систему, получим:

Искомые уравнения линейной и логарифмической регрессии имеют вид:  
 $y = 0.1519 \cdot x + 12.1445$  и  $y = 0.324 \cdot \ln(x) + 12.267$ .

Рассчитан коэффициент корреляции при выборе линейной функции:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{s(x) \cdot s(y)} = \frac{31.501 - 2.5 \cdot 12.524}{1.118 \cdot 0.17} = 0.998.$$

Аналогичный расчет коэффициент корреляции при выборе логарифмической функции:

$$r_{xy} = 1 - \frac{\sum(y_i - y_x)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{0.00231}{0.1159} = 0.98$$

Построены графики зависимости числа изданий электронных книг за определенный период времени (рисунок 1).

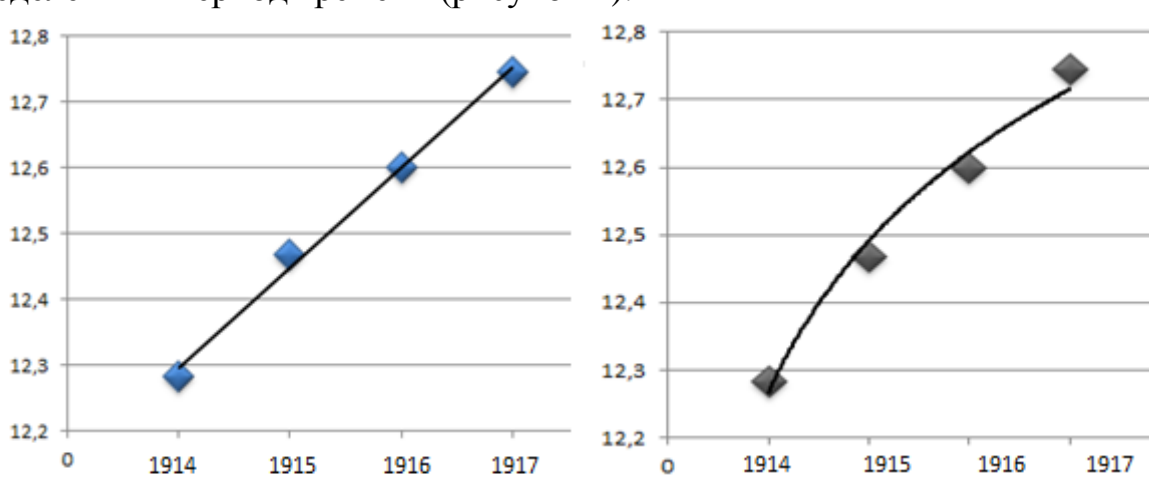


Рис. 1 - Результаты расчета зависимости числа электронных изданий за год

Как видно из рисунка, рост числа изданий больше при прогнозировании с использованием линейной зависимости.

### Требования к программным и аппаратным средствам

В данной работе разработано программное обеспечение, которое оптимальным образом позволит работать с электронной книгой. Для разработки электронной книги была выбран язык разметки гипертекста «HTML», так как это распространённый язык для создание сайтов, книг, справочник [4-5]. Кроме того, HTML не стоит на месте в плане развития, появляются новые версии, которые позволяют оптимизировать и облегчить работу, улучшая при этом общую картину конечного результата для удобства работы на HTML, используется Свободный текстовый редактор с открытым исходным кодом NotePad++.

Данная среда разработки была выбрана в связи с преимуществами относительно большинства языков разметки гипертекста. Достоинства редактора NotePad++:

- Работа с несколькими документами одновременно;
- Возможность открывать большие объемы текста без зависаний;



- Подсветка синтаксиса и конструкций многих языков программирования;
- Режим Multi-View (разделение главного экрана на несколько маленьких);
- Автодополнение кода;
- Поддержка цветовых тем;
- Настройка дополнительного функционала с помощью плагинов (дополнений);

- Поддержка русского языка.

Требования к аппаратным средствам:

- персональный компьютер стандартной комплектации;
- свободного места на жестком диске не менее 10 Гб;
- свободной оперативной памяти не менее 512 Мб.
- язык разметки гипертекста «HTML», и Свободный текстовый редактор с открытым исходным кодом NotePad++ ;
- браузер на выбор Chrome, Opera, FireFox и т.п.;
- операционная система от WINDOWS 7 и выше;
- кодек «vorbis» для воспроизведения аудио- и видеофайлов.

### Обсуждение результатов

Выбран дизайн обложки электронной книги, и разработана структура электронной версии книги (рисунок 2).

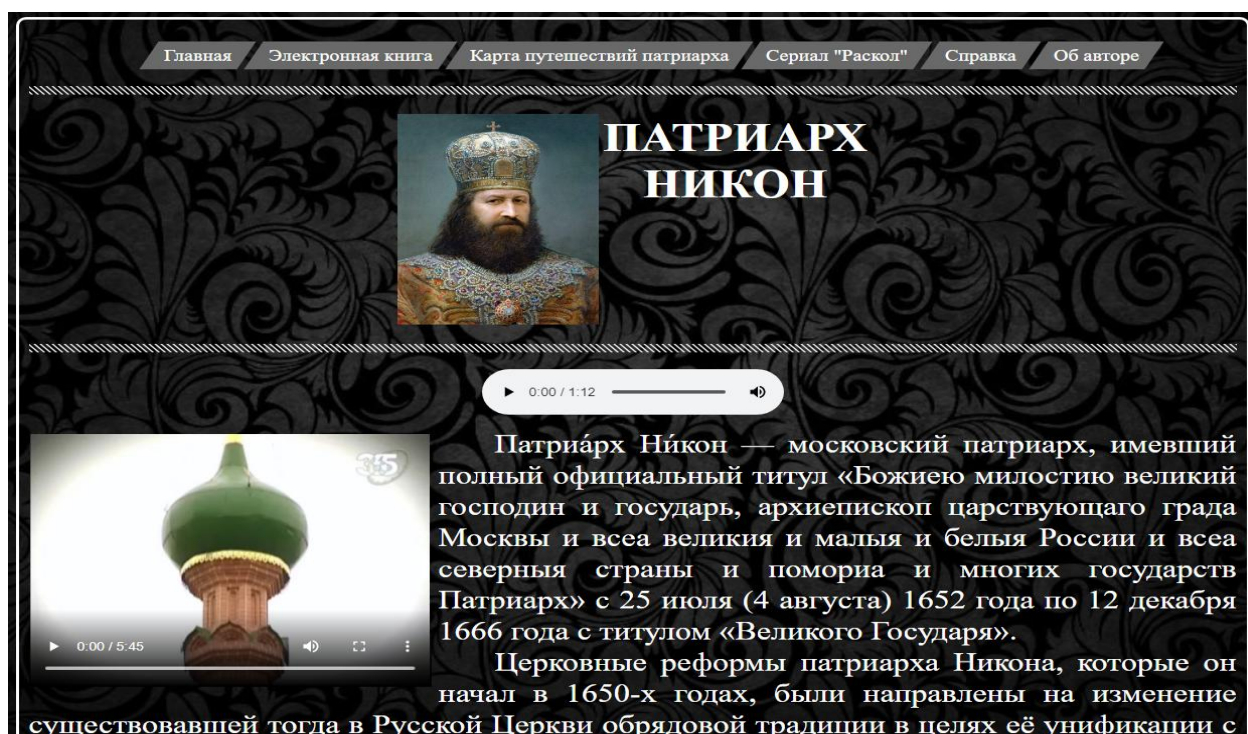


Рис. 2 – главная страница электронной книги

В представлении электронную книгу можно разделить на несколько разделов, такие как: Электронная книга, карта путешествий патриарха, документальный сериал и справочная информация. Далее сами разделы, которые связаны между собой через главное меню. Каждый раздел включает в себя подразделы, которые являются атрибутами (из чего состоит данный объект

и через что его можно охарактеризовать), например, содержание книги, места событий патриарха.

Карта путешествий патриарха Никона представлена на рисунке 3.

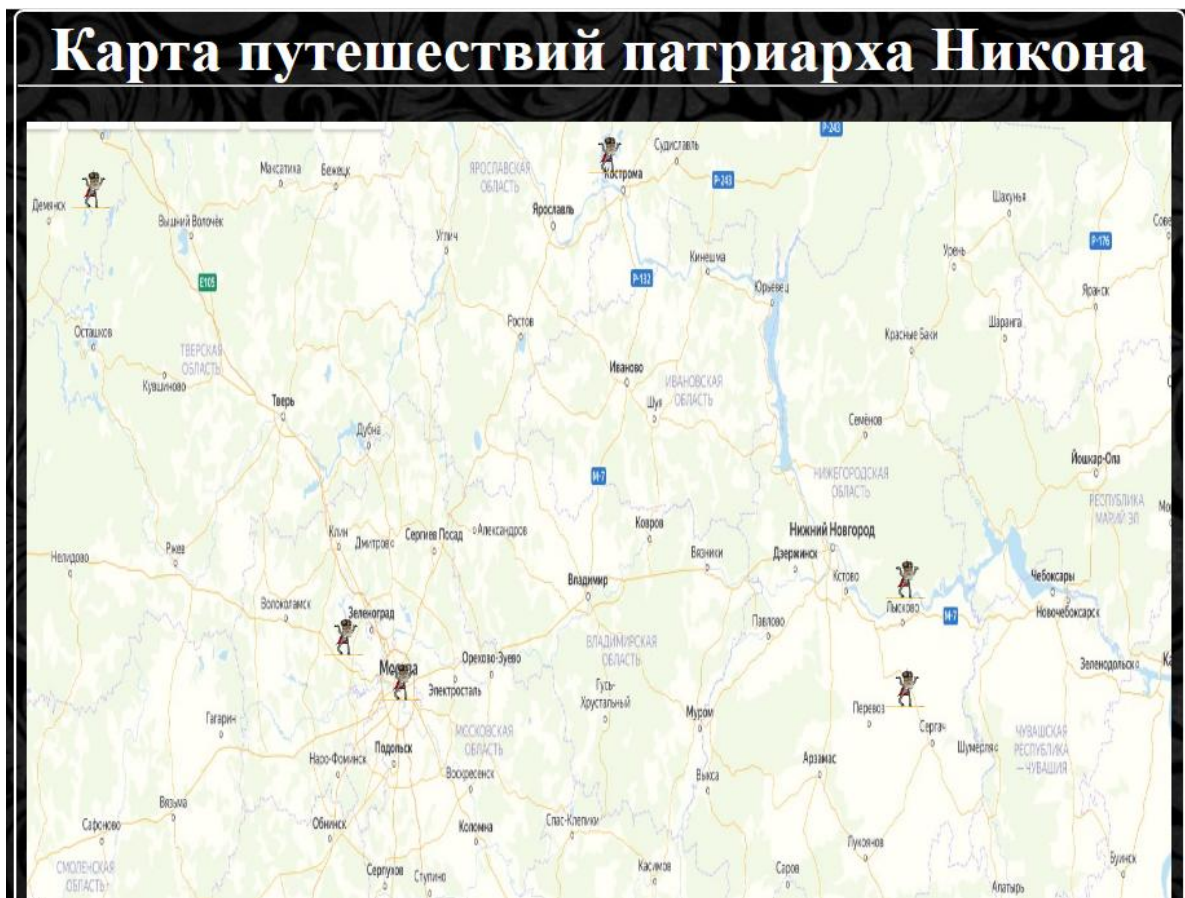


Рис. 3 – Карта путешествий патриарха

При выборе города на карте путешествий читателю открываются подробности деятельности патриарха Никона в данном городе в определенный период.

Сформировано единое видение всех разделов, и дизайн, и содержание электронной книги, который будут способствовать оптимально быстрому восприятию большого объема, насыщенного полезной информацией. В книге представлена деятельность патриарха Никона в связи с событиями исторического периода. Данная система была разработана и успешно протестирована.

#### **Заклучение**

Разработана электронная версия книги о патриархе Никоне. В данную книгу были включены несколько событий из жизни патриарха Никона.

В электронной версии книги было сделано следующее: осовременена подача материала (аудиовоспроизведение книги, видеоматериалы, всплывающие сноски); возможность просматривать книгу не только на компьютере, но и на смартфоне; возможность посмотреть наглядно на карте,

где был патриарх и какие события связывают его с данным городом; разработана справка для работы с данной электронной книгой.

Прогноз развития электронных изданий выполнен с помощью регрессионной модели.

#### Список литературы

1. Севастьянова С.К. Материалы к «Летописи жизни и литературной деятельности патриарха Никона» [Текст] /С.К. Севастьянова //СПб.: Дмитрий Буланин, 2003. – 520 с.
2. Лебедев А.Г. Математическое моделирование: Учебное пособие для студентов направления «Информатика и вычислительная техника» – Изд. 2-е. / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2016. – 123 с.
3. Данным Роскомнадзора зарегистрированы электронные издания [Электронный ресурс]// ДистриПресс. URL: <http://distpress.ru/2009-01-28-14-46-10/285248-na-nachalo-2018-goda-v-rossii-kolichestvo-zaregistririvannykh-smi-bylo-na-4-protsenta-menshe-chem-godom-ranee-18.html>
4. Вуль В. А. Электронные издания: /под общ. ред. В. А. Вуль – Санкт-Петербург: Издательство «БХВ-Петербург», 2003. — 560 с.
5. Как создать электронную книгу: [Электронный ресурс]// Учебник Wordpress. URL: [wordpress-book.ru/kak-sdelat/kak-sozdat-elektronnuyu-knigu/](http://wordpress-book.ru/kak-sdelat/kak-sozdat-elektronnuyu-knigu/)

#### УДК 004.94

### РАЗРАБОТКА ИНТЕРПРЕТАТОРА PEACE КОДА В КОД ЯЗЫКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ GPSS

М.Д. Зайцев, Д.Д. Прискока, Ю.П. Титов

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Аннотация.** Для обучения студентов процессу построения имитационных моделей часто используют уже готовые системы имитационного моделирования. Достаточно популярной среди них является GPSS в силу прозрачности процесса моделирования. Основные сложности при разработке имитационных моделей на GPSS возникают из-за устаревшего синтаксиса. В работе представлен интерпретатор с языка Peace в GPSS код. Данный интерпретатор позволяет представить код GPSS в виде полнофункционального кода высокоуровневого современного языка программирования.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, Система имитационного моделирования GPSS, Peace

### Development of the Code-to-Code Peace Interpreter for the GPSS Language

M.D. Zaitsev, D.D. Priskoka, Yu.P. Titov

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Annotation.** To teach students the process of building simulation models, I often use ready-made simulation systems. GPSS is quite popular among them due to the transparency of the modeling process. The main difficulties in the development of simulation models on GPSS arise from the outdated syntax. The paper presents an interpreter from the Peace language to GPSS code. This interpreter allows you to represent the GPSS code as a fully functional high-level modern programming language code.

**Keywords:** Simulation, GPSS Simulation System, Peace

## **Введение**

Методы имитационного моделирования сегодня продолжают активно применяться при анализировании различных реально существующих систем с целью получения более полного представления об их функционировании. Это позволяет проводить более эффективное проектирование и оптимизацию технологических процессов [1].

Одним из наиболее хорошо изученных и широко применяемых подходов к созданию имитационных моделей является применение математического аппарата теории Систем массового обслуживания [2]. Его достоинствами является однозначное и интуитивно понятное представление сложной системы со стохастическим характером функционирования как совокупности взаимосвязанных элементов, обрабатывающей поток поступающих в нее требований (заявок, транзактов).

До сих пор в рамках обучения имитационному моделированию в российских университетах в качестве основного программного инструментального средства используется интерпретатор языка GPSS. Его применение как средство обучения студентов обусловлено в первую очередь его прозрачностью. Интерпретаторы языка GPSS позволяют выводить состояние транзактов и цепей как после завершения прогона имитационной модели, так и во время этого прогона. Данное свойство позволяет объяснить студентам не только правила построения имитационных моделей, но и сам принцип проведения имитационного эксперимента и работы системы имитационного моделирования. Несмотря на неоспоримые достоинства этого языка как инструмента создания имитационных моделей, более чем пятидесятилетняя эволюция языка [3] не сделала его дружелюбным для разработчиков, тем более для студентов. Во многом это связано с сложной, по современным меркам, структурой кода. Для того, чтобы в этом убедиться, достаточно посмотреть на пример программы (рис. 1), описывающей простую имитационную модель работы центрального процессора, отсылающего заявки оперативной памяти.

Наиболее существенными недостатками языка GPSS с точки зрения авторов данной публикации являются:

1. Устаревший на фоне современных языков программирования синтаксис и строго фиксированный формат записи программы. Разработчик вынужден тратить свое время на форматирование текста программы;
2. Отсутствие в языке GPSS средств выделения части программного кода в логическую сущность, соответствующей отдельному элементу или совокупности элементов реальной системы. Структура программы, написанной на языке GPSS, не отражает структуру описываемой имитационной модели синтаксическими средствами;
3. Необходимость повторного использования существующего кода. В языке нет средств, аналогичных функциям в современных языках

программирования, таких как C, Java или Python. Это делает код программы неоправданно громоздким.

```
SIMULATE
GENERATE 15,5
QUEUE BUF
SEIZE MEM
DEPART BUF
ADVANCE 22
RELEASE MEM
TERMINATE

GENERATE 452
TERMINATE 1
START 1
END
```

Рис. 1 - Пример программы на языке GPSS, описывающей имитационную модель работы центрального процессора и оперативной памяти

В других исследованиях к недостаткам языка GPSS относят простейший интерфейс пользователя, недостаточно функциональный редактор моделей, слабо автоматизированную технологию проведения исследований, устаревший способ представления и анализа результатов и т.д. [4].

Все вышеперечисленные недостатки стали причиной возникновения множества программных инструментов, призванных компенсировать все несовершенства языка моделирования GPSS. Наиболее заметными и распространенными в образовательном процессе их них являются:

1. GPSS World – среда компьютерного моделирования, добавляющая новые функциональные возможности, такие как многозадачность, использование виртуальной памяти, графический интерфейс пользователя, более производительный транслятор и др. [5];

2. aGPSS – среда компьютерного моделирования, являющаяся дальнейшим развитием WebGPSS и WinGPSS [3], которая упрощает процесс разработки имитационной модели путем замены написания текста программы составлением диаграмм [6];

3. JGPSS – фреймворк на базе языка программирования Java, также упрощающий разработку имитационной модели через построение диаграмм [7];

4. GPSS Studio – программная система, предназначенная для автоматизации разработки дискретно-событийных имитационных моделей и проведения имитационных исследований, моделирующим ядром которой является язык GPSS World [8].

Несмотря на значительные успехи разработчиков данных программных средств в упрощении разработки имитационных моделей на языке GPSS, ни в одном из них не упрощается синтаксис языка для более удобного программирования модели.

В настоящей публикации излагаются результаты реализации другого подхода к упрощению разработки на языке GPSS – интерпретации более понятного современному разработчику и простого в программировании языка Pease в GPSS код.

### **Описание разработки**

Основные требования к программному обеспечению, нацеленные на упрощение процесса разработки имитационной модели:

1. Отсутствие необходимости специально форматировать текст программы;
2. Часть программного кода можно объединить в одно именованное, синтаксически обособленное выражение, что помогает структурировать код и придавать ему большую наглядность;
3. Если в программе необходимо многократно описывать один и тот же элемент системы с разными параметрами обработки транзактов, разработчик может один раз описать общую схему описываемого элементами в виде именованного выражения с параметрами, а затем вызывать его в любом месте программы одной строчкой кода.

В остальном новый язык моделирования Pease соответствует возможностям языка GPSS, т.е. семантические конструкции языка Pease идентичны подобным конструкциям из GPSS. Но их применение также было упрощено:

1. Основным блоком кода на Pease является блок `main {}`. При генерации этого блока автоматически создаются операторы `SIMULATE` и `END`. Между этими операторами последовательно генерируется код из блока `main`;
2. Для описания устройства используется конструкция `ИМЯ_УСТРОЙСТВА {}`, код которого должен быть выполнен в устройстве и помещается в фигурные скобки. Такой синтаксис позволяет предотвратить опечатки в названии устройства в открывающем и закрывающем операторе;
3. Существует несколько проверок имен сущностей в программе, которые не позволяют использовать имена, которых либо не существует, либо которые не совпадают по типу. Это позволяет избежать дублирования одних и тех же имен в разных операторах;
4. Параметры стандартных операторов, а также выражений с параметрами - типизированы, что позволяет указать на эту ошибку еще на этапе интерпретации кода, до запуска имитационной модели.

Разработан прототип интерактивной среды программирования для языка Pease для более удобного манипулирования файлами имитационной модели и представления результата моделирования.

### **Пример имитационной модели системы массового обслуживания**

В целях иллюстрации возможностей и преимуществ новой системы моделирования авторами настоящей публикации было выполнено задание написать программу имитационной модели системы массового обслуживания, схематично представленной в виде графа на рис. 2. Вершинами графа служат устройства обработки транзактов, на входе каждого из них существует очередь.

Дугами в графе обозначены переходы после обработки в одном из устройств в следующее устройство.

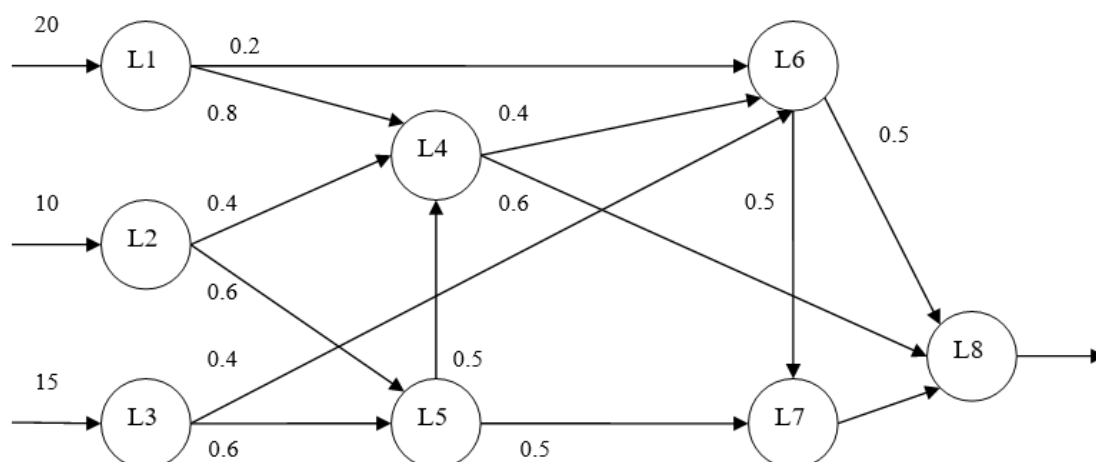


Рис. 2 – Структурная схема системы массового обслуживания

На рис. 3 представлен общий вид интерактивной среды программирования, в которой была написана программа, описывающая систему массового обслуживания. Левое поле отведено для текстового редактора программы на языке Pease, в окне справа отображается результат интерпретации – GPSS код. В нижнем поле производится вывод информационных сообщений.

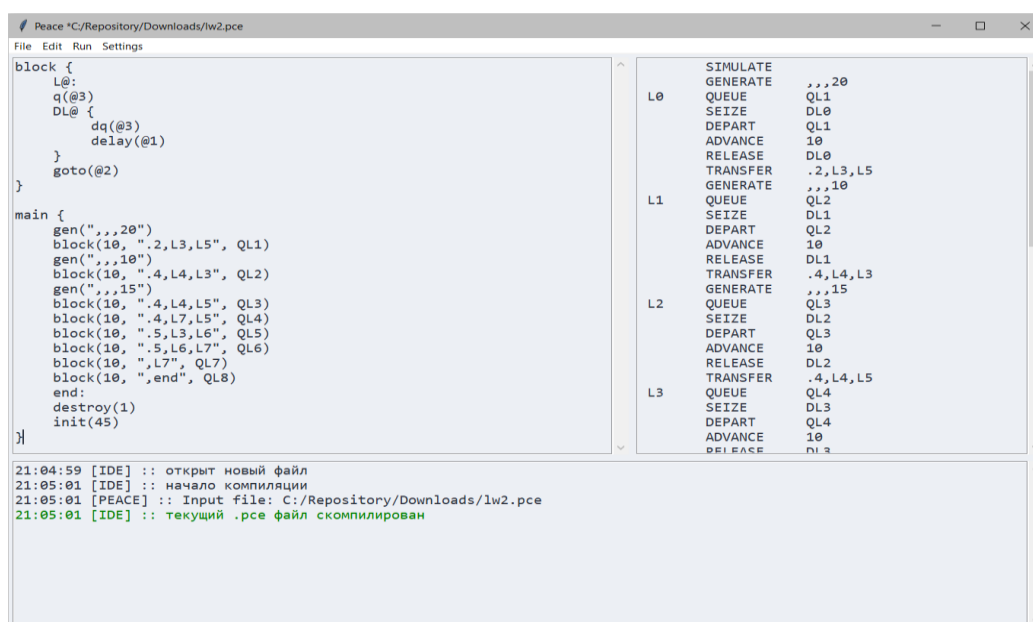


Рис. 3 – Общий вид интерактивной среды программирования для языка Pease

Pease код выполняет свою основную функцию – представлять структуру имитационной модели более явно. Это его преимущество и планируется внедрять в учебный процесс современного образования по Информатике и вычислительной техники для обучения курсу имитационного моделирования.

## Вывод

В настоящей публикации представлен результат попытки упростить процесс создания программ имитационных моделей на языке GPSS путем создания интерпретатора нового языка моделирования Pease. В отличие от большинства аналогичных программных средств и систем моделирования, в Pease упор делается на упрощении синтаксических конструкций языка, а не на графическом представлении структуры программы. Это делает его применение удобным для студентов, знающих основы программирования на современных языках.

Результат выполнения лабораторных и курсовых работ по учебной дисциплине “Имитационное моделирование” в Московском авиационном институте показал, что написание программ на языке Pease значительно упрощает студентам понимание структуры имитационной модели. Особенно это справедливо для составления модели системы с большим числом взаимодействующих друг с другом элементов и несколькими источниками транзактов.

Очевидно, что язык Pease и связанная с ним интерактивная среда разработки нуждается в дальнейшем усовершенствовании. В ближайшее время планируется:

1. Внедрить внутренние переменные языка Pease, которые можно будет использовать в вычислениях во время интерпретации, а после использовать во время моделирования;
2. Внедрить стандартные для современных языков программирования операторы условия и циклов (if - elseif - else, while, for и т.п.) для упрощения организации циклов и ветвления.
3. Обеспечить полный анализ текста программы и выявление конфликтов использования имен переменных, выражений, имен устройств, очередей и т.д;
4. Возможность подключения уже написанных программ в качестве сторонних модулей для предоставления возможности разработчику составлять удобные библиотеки шаблонов;
5. Усовершенствовать возможности текстового редактора, в частности, добавить поиск по ключевому слову и подсветку синтаксиса;
6. Внедрить поддержку СУБД для автоматизации проведения исследований.

## Список литературы

1. Кабаева, И.И. Имитационное моделирование / И.И. Кабаева // International scientific review. – 2016. – №13(23). – С. 14-16. – Текст: непосредственный.
2. Емельянов, А.А. Моделирование информационных технологий на GPSS / А.А. Емельянов // Прикладная информатика. – 2007. – №2(8). – С. 83-109. – Текст: непосредственный.
3. Ingolf Stahl, Richard Born, Henry Herper, James O. Henriksen GPSS 50 years old, but still young / Ingolf Stahl, Richard Born, Henry Herper, James O.



Henriksen // Proceedings - Winter Simulation Conference · December 2011. – 2011. – С. 3952 - 3962. – Text: unmediated.

4. Власов С.А., Девятков В.В., Девятков Т.В. Язык моделирования GPSS World и системы автоматизации имитационных исследований: опыт применения и перспективы использования/ С. А. Власов , В В Девятков, Т В Девятков // ИММОД 2009 – 2009. – С. 11 - 18. – Текст: непосредственный.

5. GPSS World Features. / Minuteman Software Computer Simulation // Текст: электронный. – URL: <http://www.minutemansoftware.com/features.htm> (дата обращения: 29.09.2020).

6. Some advantages of aGPSS / aGPSS – Simulation made simple // Текст: электронный. – URL: <http://agpss.com/advantages.html> (дата обращения: 29.09.2020).

7. Pau Fonseca i Casas, Josep Casanovas JGPSS, An Open Source GPSS Framework to Teach Simulation. // Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, WSC 2009, Hilton Austin Hotel, Austin, TX, USA, December 13-16. – 2009. – С. 256 - 267. – Text: unmediated.

8. О GPSS Studio. / Элина-компьютер // Текст: электронный. – URL: [http://elina-computer.ru/static/about\\_gpss\\_studio.html](http://elina-computer.ru/static/about_gpss_studio.html) (дата обращения: 29.09.2020).

## УДК 004.5

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ IOT УСТРОЙСТВАМИ В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

В.К. Лунев, Е.А. Дудник

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Разработка системы управления «умными» устройствами в локальной сети. Описание недостатков и достоинств наиболее распространённых аналогов.

**Ключевые слова:** IoT, умные устройства, управление, микроконтроллер, интернет.

### CONTROL SYSTEM OF IOT DEVICES IN THE LOCAL NETWORK

V.K. Lynev, E.A. Dudnik

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University  
named after I.I. Polzunov*

**Annotation.** Development of a control system for "smart" devices in the local network. Description of the disadvantages and advantages of the most common analogs.

**Key words:** IoT, smart devices, control, microcontroller, internet.

### Введение

С каждым годом появляется все больше «умных» устройств, которые позволяют собой удалённо управлять и могут работать без участия человека. Например, «умные» шторы, которые могут закрываться и открываться в зависимости от уровня освещённости. Или «умный» чайник, который вскипятит воду к вашему пробуждению. Обычно каждое из этих устройств имеет доступ в интернет и управляется с помощью «облачного» сервиса, от

этого такие устройства и получили название «IoT» (англ. internet of things, интернет вещей) [1]. Такая система управления обладает как преимуществами, так и недостатками.

К преимуществам следует отнести возможность управления из любой точки мира и отсутствие зависимости от каких-либо других устройств, за исключением Wi-Fi точки доступа. То есть для работы такого устройства требуется только доступ в интернет.

Потребность в доступе к интернету приводит к основному недостатку: полная невозможность использования при отсутствии доступа в сеть интернет. Также к недостаткам следует отнести невысокую стабильность работы и зависимость от «облачных» сервисов, что не гарантирует работ при неполадках на сервере. Также следует заметить, что, несмотря на низкое потребление трафика в протоколах передачи данных современных IoT устройств, они все же создают некоторую нагрузку на канал передачи данных.

Для решения этих проблем возникла идея использовать для управления IoT устройствами сервер в локальной сети. А в качестве ПО для него разработать «систему управления IoT устройствами в локальной сети». Что позволит использовать IoT устройства независимо от доступа в сеть интернет. Также такая конфигурация позволит управлять устройствами, с разными протоколами передачи данных из одного места, даже если эти устройства не принадлежат концепции IoT. Помимо этого, в дальнейшем, появляется возможность использовать голосового ассистента, разработанного для этой системы, чтобы управлять устройствами голосом.

Чтобы не потерять основное достоинство IoT устройств, а именно управление из любой точки мира, было решено дополнительно использовать «облачный» сервис. Который будет работать не с отдельными устройствами, а с самой системой управления IoT устройствами в локальной сети.

### **Описание методики**

В качестве протокола для работы с умными устройствами выбран MQTT. Т.к. на данный момент он является передовым и наиболее популярным протоколом передачи данных между отдельными устройствами в рамках систем «Умного дома». MQTT обладает рядом преимуществ по отношению к другим протоколам:

- низкое потребление трафика;
- соединение между клиентом и сервером всегда открыто;
- не нагружает интернет канал;
- отсутствие задержек в передаче данных;
- удобная система подписок на топики;

Всё это дает возможность мониторинга и управления в режиме реального времени. Однако MQTT требует наличие своего собственного сервера, который выполняет роль посредника между клиентами сети [2].

В данной работе стояла задача разработать мультиплатформенное программное обеспечение. Т.к. для полноценного функционирования системы требуется энергоэффективная платформа. В качестве неё планируется

использовать одноплатный компьютер компактного размера на ARM архитектуре, с Linux совместимой ОС.

Система управления IoT-устройствами в локальной сети состоит из трёх основных частей:

1. Диспетчер IoT устройств - является основной частью всей системы. Он служит для обмена сообщениями с локальным и облачным MQTT брокером, хранит информацию о подключенных устройствах и данные для подключения к облачному MQTT серверу. Для управления используются HTTP запросы.

2. Локальный MQTT брокер - является стандартным MQTT брокером (сервером-посредником). Она служит точкой связи между IoT устройствами и подсистемой «Диспетчер IoT устройств».

3. Web интерфейс - является Web приложением, и служит для управления подсистемой «Диспетчер IoT устройств». Взаимодействие осуществляется посредством HTTP запросов.

Дополнительно, для удалённого управления, используется облачный MQTT сервис.

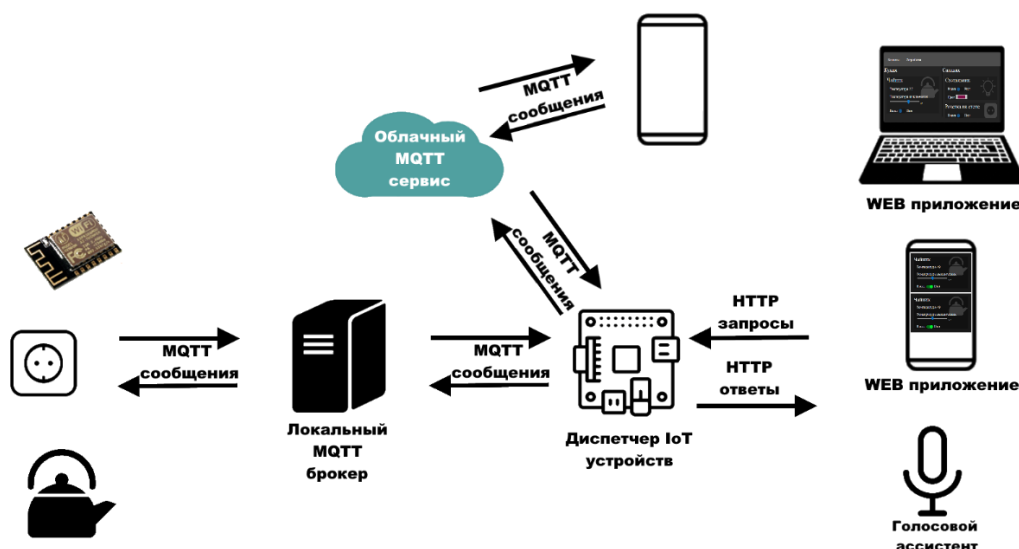


Рис. 1 – Схема работы системы управления IoT-устройствами в локальной сети

### Обсуждение результатов

Данная система была разработана и успешно протестирована. В качестве локального MQTT сервера выбран MQTT брокер с открытым исходным кодом Eclipse Mosquitto, что позволило сократить время разработки.

Диспетчер IoT устройств разработан на фреймворке ASP.NET Core [3]. При разработке использована технология Web-API, что позволило достигнуть мультиплатформенности и возможности работы на энергоэффективных платформах.

Для тестирования системы была разработана модель метеостанции, которая поддерживает передачу данных в систему (рис. 2) и не имеет каких-либо других способов вывода информации. Благодаря этому она имеет скромные размеры и низкое энергопотребление.

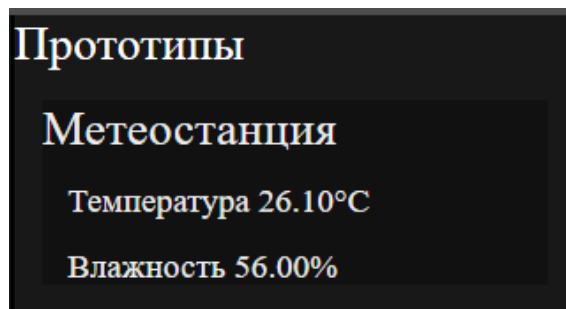


Рис. 2 – Отображение данных метеостанции в системе управления IoT-устройствами в локальной сети

Интерфейс WEB приложения разработан для управления на сенсорном дисплее, что позволяет использовать приложение в качестве основного терминала для «умных» устройств в доме (рис. 3).

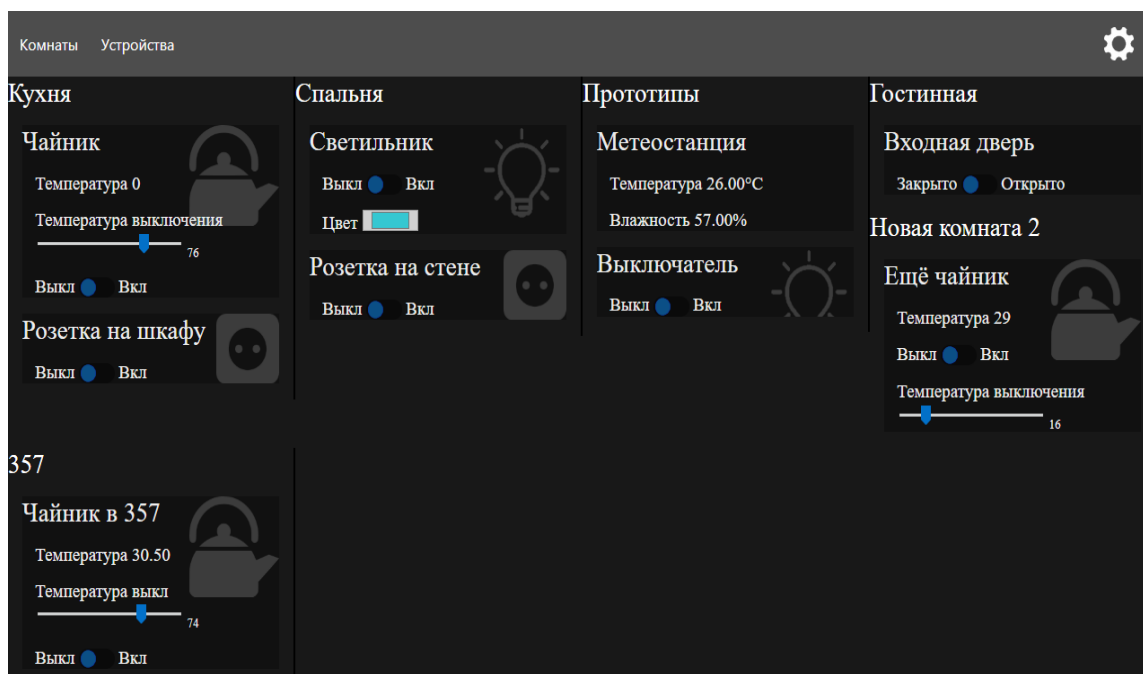


Рис. 3 – Интерфейс WEB приложения

### Заключение

Данное программное обеспечение является мультиплатформенным. Оно поддерживает как работу, так и управление с самых распространённых, на данный момент, операционных систем. Разработанная система проста в использовании для рядового пользователя, имеет интуитивно понятный интерфейс, а также поддерживает удалённое управление. Благодаря этому, она не имеет прямых аналогов.

Разработанная система может применяться как для бытового использования, например для управления умными бытовыми приборами, так и на предприятиях, для управления различными поддерживающими работу с протоколом MQTT системами.

Диспетчер IoT устройств имеет огромный потенциал для модернизации, поскольку он разработан по технологии Web Api. Это позволяет разработать и использовать другие средства управления. Например, голосового ассистента или мобильное приложение. Что в дальнейшем может повысить комфорт использования.

#### Список литературы

1. Петин В.А. Создание умного дома на базе Arduino [Текст] / В. А. Петин - М.: ДМК Пресс, 2018. – 180с.
2. Boyd B. Building Real-time Mobile Solutions with MQTT and IBM MessageSight. [Текст] / B. Boyd, J. Gauci, M. Robertson, N. Van Duy, R. Gupta, V. Gucer, V. Kislicins - IBM Redbooks, 2014.-249с.
3. METANIT.COM Сайт о программировании / Введение в ASP.NET Core [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/aspnet5/1.1.php>

УДК 621.311.25; 621.311.18.018.782.3; 621.313.13

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСИММЕТРИЧНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

А.Ш. Маджидов

*Национальный исследовательский университет "МЭИ" (Москва)*

**Аннотация.** Для выбора, проверки коммутационного оборудования и параметров релейной защиты и автоматики наряду с токами трехфазных коротких замыканий необходимо знать токи несимметричных коротких замыканий, такие как двухфазный на землю, однофазный и двухфазный. Современное развитие специализированных вычислительных программ позволяет несколько упростить решение этих задач. На рынке отечественного и зарубежного программного обеспечения представлен целый ряд соответствующих программ, позволяющих рассчитать несимметричный ток короткого замыкания более точно и с минимальными затратами времени. В данной работе проведено имитационное моделирование расчета несимметричных токов короткого замыкания в действующей системе электроснабжения VIII секции с 9-тью асинхронными двигателями собственных нужд тепловых электростанций №1 г. Душанбе, Республики Таджикистан с помощью программного комплекса ETAP (Electrical Transient Analyzer Program, компания OTI США), с целью подтверждения возможности использования программ при проведении расчетов несимметричных токов короткого замыкания.

**Ключевые слова:** коммутационное оборудование, релейная защита и автоматика, короткое замыкание, симметричные и несимметричные короткие замыкания, асинхронный двигатель, схемы замещения, собственные нужды, тепловая электростанция, ETAP.

### MATHEMATICAL MODELING OF ASYMMETRIC SHORT CIRCUITS

Abdullo Majidov

*National research University "Moscow power engineering Institute" (Moscow)*

**Annotation.** To select and check the switching equipment and parameters of relay protection and automation, along with the three-phase short-circuit currents, it is necessary to know the unbalanced short-circuit currents, such as two-phase to ground, single-phase and two-phase. The modern development of specialized computer programs makes it possible to simplify the solution of these problems. On the market of domestic and foreign software, there are a number of relevant programs that allow you to calculate the asymmetric short-circuit current more accurately and with minimal time. In this paper, simulation modeling of the calculation of asymmetric short-circuit

currents in the current power supply system of section VIII with 9 asynchronous motors for auxiliary of thermal power plants No. 1 in Dushanbe, the Republic of Tajikistan was performed using the ETAP software package (Electrical Transient Analyzer Program, OTI company USA), in order to confirm the possibility of using programs when calculating asymmetric short-circuit currents.

**Key words:** switching equipment, relay protection and automation, symmetrical and unbalanced short circuits, asynchronous motor, replacement circuits, auxiliary, ETAP.

## Введение

В основу расчета несимметричных коротких замыканий положен метод симметричных составляющих, согласно которому любую несимметричную систему векторов тока, напряжения можно заменить тремя условными симметричными составляющими: прямой, обратной и нулевой последовательностями. В трехфазных сетях встречаются такие несимметричные короткие замыкания: двухфазное, однофазное, двухфазное на землю [1,2].

Обычно вид короткого замыкания указывают в скобках над символом, обозначающим какой-либо параметр короткого замыкания (например,  $I_{ра}^{(3)}, I_{ра}^{(2)}, I_{ра}^{(1)}$  – соответственно обозначения начальных значений периодических составляющих токов при трехфазном, двухфазном и однофазном коротком замыкании). Токи в поврежденных фазах при несимметричных коротких замыканиях значительно превышают токи неповрежденных фаз и по значению в ряде случаев могут превосходить токи трехфазного короткого замыкания. В связи с этим появляется необходимость в расчетах параметров несимметричных коротких замыканий. При однофазных или двухфазных, когда трехфазная система становится несимметричной, фазы оказываются в разных условиях, что не позволяет выполнить расчет, как это делалось при расчете трехфазного короткого замыкания, только для одной из фаз [1,3].

При расчете несимметричных коротких замыканий, как и симметричных трехфазных коротких замыканий, предполагают, что сопротивления всех трех фаз одинаковы, а насыщение магнитных систем не учитывается. Протекание по фазам несимметричных токов короткого замыкания создает в сопротивлениях фаз несимметричные падения напряжения, которые можно представить в виде симметричных составляющих. Сопротивления элементов трехфазной цепи для разных последовательностей могут отличаться друг от друга [1,5].

## Метод расчета

Для расчета токов несимметричных коротких замыканий обычно применяют метод симметричных составляющих [1,5]. Для заданной расчетной схемы установки составляют схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности, рассчитывают эквивалентную электродвижущую силу прямой последовательности  $E_{A\Sigma}$  и результирующие сопротивления  $x_{1\Sigma}, x_{2\Sigma}, x_{0\Sigma}$  которая представлена на рис.1.

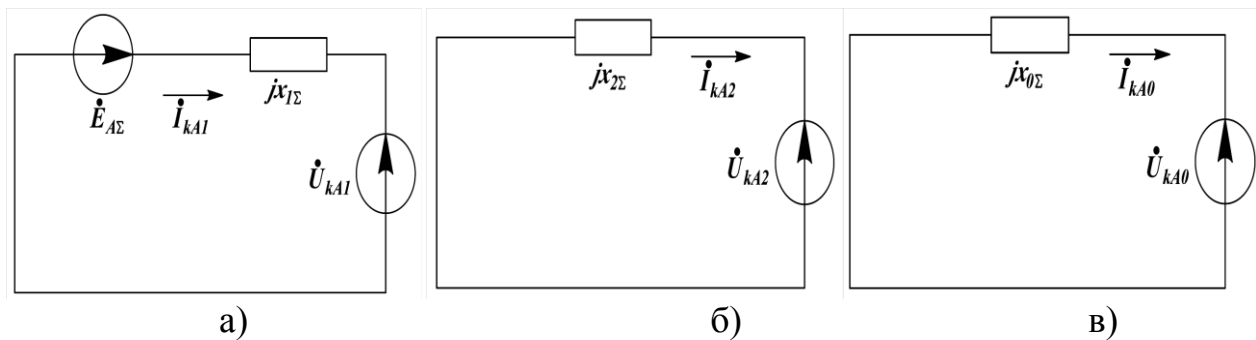


Рис. 1 – Схемы замещения прямой (а), обратной (б) и нулевой (в) последовательности

Схему прямой последовательности составляют так же, как для расчета тока симметричного короткого замыкания. Напряжение  $U_{kA1}$  в месте повреждения не равно нулю, как это имеет место при расчете трехфазного короткого замыкания.

Схема обратной последовательности по конфигурации аналогична схеме прямой последовательности. Генераторы, двигатели и нагрузку учитывают сопротивлениями для токов обратной последовательности. Сопротивления синхронных генераторов даны в каталогах или могут быть приняты приближенно ( $x_2 = 1,22 \cdot x''_d$ ). Сопротивление двигателей токам обратной последовательности равно сверхпереходному сопротивлению ( $x_{2д} = x''_d$ ), а сопротивление обобщенной нагрузки ( $x_{2нр} = x''_{нр} = 0,35$ ). Для статических элементов системы, не имеющих подвижных магнитно-связанных контуров, например, реакторов, трансформаторов, воздушных и кабельных линий, сопротивление обратной последовательности равно сопротивлению прямой последовательности. В схеме обратной последовательности отсутствует электродвижущая сила источников питания, а в месте повреждения приложено напряжение обратной последовательности  $U_{kA2}$ . Схема нулевой последовательности, как и схема обратной, не содержит электродвижущую силу, а в месте повреждения приложено напряжение  $U_{kA0}$  [1,5].

Схему замещения нулевой последовательности составляют в зависимости от места повреждения. Если повреждение произошло со стороны обмотки трансформатора, соединенной в треугольник или звезду без заземленной нейтрали, токи нулевой последовательности не могут проходить через трансформатор и его сопротивление в схемах нулевой последовательности равно бесконечности. Циркуляция токов имеет место в трансформаторах, которые со стороны места повреждения имеют обмотку, соединенную в звезду с заземленной нейтралью. В этом случае сопротивление трансформатора должно быть учтено в схемах замещения нулевой последовательности.

На рис. 2 приведены схемы соединения обмоток и схемы замещения нулевой последовательности для наиболее распространенных видов трансформаторов. Для двухобмоточных со схемой соединения «звезда с заземленной нейтралью на треугольник» и трансформаторов с расщепленной

обмоткой «звезда с заземленной нейтралью на треугольники на треугольник» индуктивные сопротивления прямой и нулевой последовательности равны. Если вторичная обмотка соединена в звезду с незаземленной или с заземленной нейтралью, но в цепи обмотки отсутствует замкнутый контур для протекания токов нулевой последовательности (выключатель  $QF_1$  отключен), эта обмотка в схему нулевой последовательности не войдет. Сопротивление реактора  $x_p$ , включенного в нейтраль трансформатора, в схеме замещения нулевой последовательности учитывают утроенным значением и включают последовательно с той обмоткой, в нейтраль которой он включен.

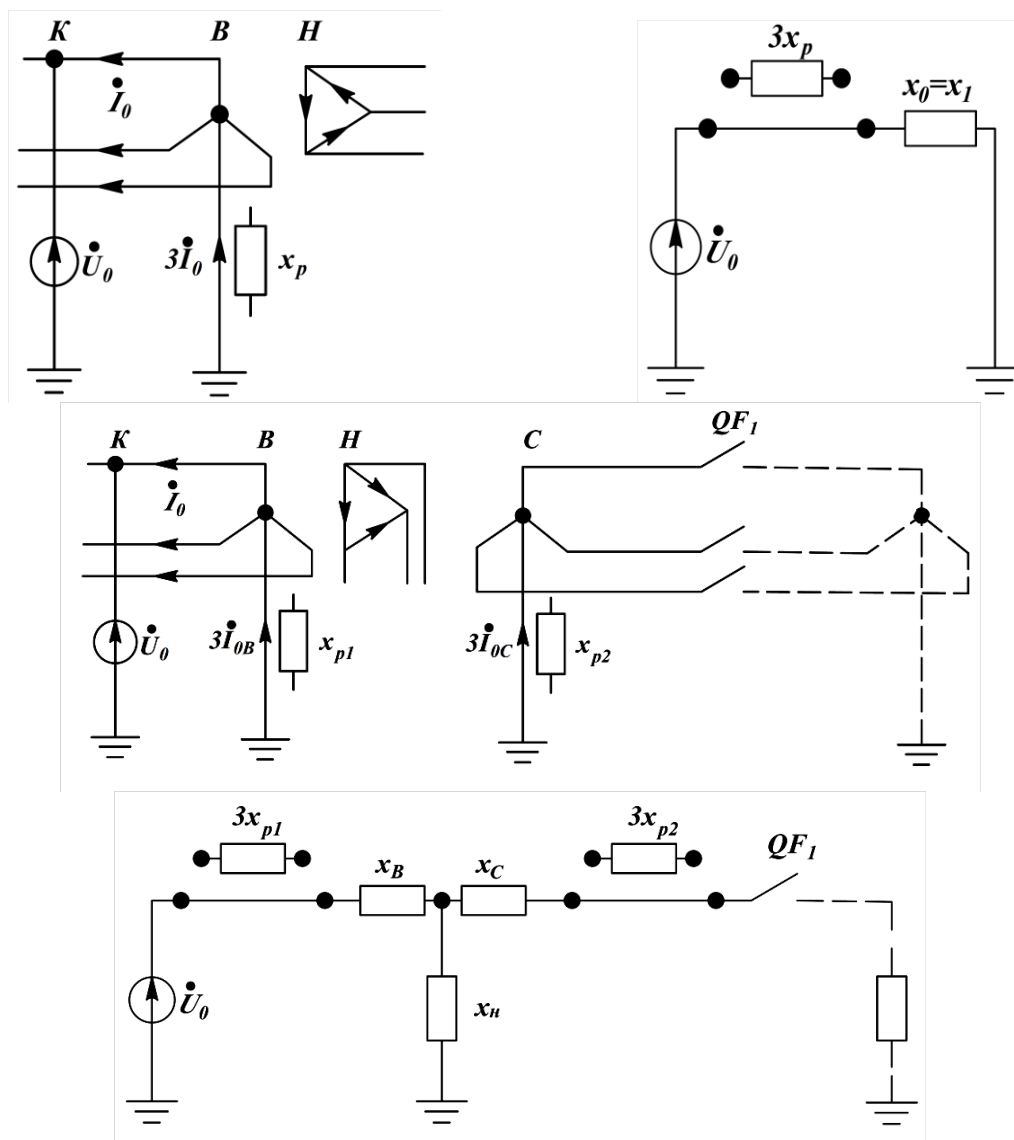


Рис. 2 – Схемы замещения нулевой последовательности для трансформаторов с различными схемами соединения обмоток

Воздушные и кабельные линии входят в схему замещения нулевой последовательности сопротивлениями, отличающимися от сопротивлений прямой последовательности. Эти сопротивления зависят в большой степени от того, имеет ли линия защиту от прямых ударов молний заземленным тросом.



Заземленный трос уменьшает индуктивное сопротивление нулевой последовательности. Этот эффект особенно заметен при сталеалюминиевом тросе, имеющем малое активное сопротивление. Индуктивное сопротивление нулевой последовательности двухцепных линий несколько больше, чем одноцепных, из-за индуктивного влияния токов нулевой последовательности, протекающих в проводах соседней цепи.

Схему замещения нулевой последовательности необходимо составлять, начиная от ее конца, т.е. от места возникновения поперечной или продольной несимметрии. В частности, чтобы составить схему замещения нулевой последовательности при несимметричном коротком замыкании, необходимо представить, что в точке короткого замыкания все три фазы трехфазной цепи соединены между собой. Подробно составление схем замещения и определение сопротивлений рассмотрены в работах [1,4,5]. При расчетах токов короткого замыкания ручным способом сопротивление нулевой последовательности линии может быть определено из следующих значений отношения  $x_0 / x_1$ , которая представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Сопротивление нулевой последовательности линии электропередач

Одноцепная воздушная линия	
Без тросов	3,5
Со стальными тросами	3,0
С хорошо проводящими тросами	2,0
Двухцепная воздушная линия	
Без тросов	5,5
Со стальными тросами	4,7
С хорошо проводящими тросами	3,0
Кабельная линия	
Трехжильный	3,5–4,6
Одножильный	0,8–1,0

Среднее значение отношения проводимостей  $b_0 / b_1$  для токов нулевой и прямой последовательности можно принимать равным  $b_0 / b_1 = 0,6$ . Составив схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности и определив результирующие сопротивления  $x_{1\Sigma}, x_{2\Sigma}, x_{0\Sigma}$ , определяют токи короткого замыкания. Ток прямой последовательности для различных видов повреждений определяют как ток трехфазного короткого замыкания за дополнительным индуктивным сопротивлением  $x_{\Delta}^{(n)}$ , используя следующую формулу:

$$\dot{I}_{*kA1}^{(n)} = \frac{E_{*A}^g}{j(x_{*1\Sigma} + x_{\Delta}^{(n)})} \quad (1)$$

Для определения симметричных составляющих токов, напряжений, фазных токов и напряжений несимметричных коротких замыканий различного вида в табл. 2. приведены формулы. Сопротивление  $x_{\Delta}^{(n)}$  различно для разных

видов коротких замыканий и определяется через  $x_{2\Sigma}$  и  $x_{0\Sigma}$ . Модуль вектора периодической составляющей тока поврежденной фазы в месте короткого замыкания определяется по выражению:

$$I_k^{(n)} = m^{(n)} \left| I_{kA1}^{(n)} \right|, \quad (2)$$

где  $m^{(n)}$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от вида короткого замыкания.

Значения фазных токов в ветвях определяются по выражению (3), и после чего вычисляют их модули:

$$\begin{aligned} I_A^g &= I_1^g + I_2^g + I_0^g \\ I_B^g &= a^2 \cdot I_1^g + a \cdot I_2^g + I_0^g \\ I_C^g &= a \cdot I_1^g + a^2 \cdot I_2^g + I_0^g \end{aligned} \quad (3)$$

Основные расчетные формулы для токов и напряжений в месте повреждения, тока в земле  $I_{k0}$ , а также  $x_{\Delta}^{(n)}$  и  $m^{(n)}$  даны в табл. 2.

Таблица 2 – Формулы для определения симметричных составляющих токов, напряжений, фазных токов и напряжений несимметричных коротких замыканий различного вида

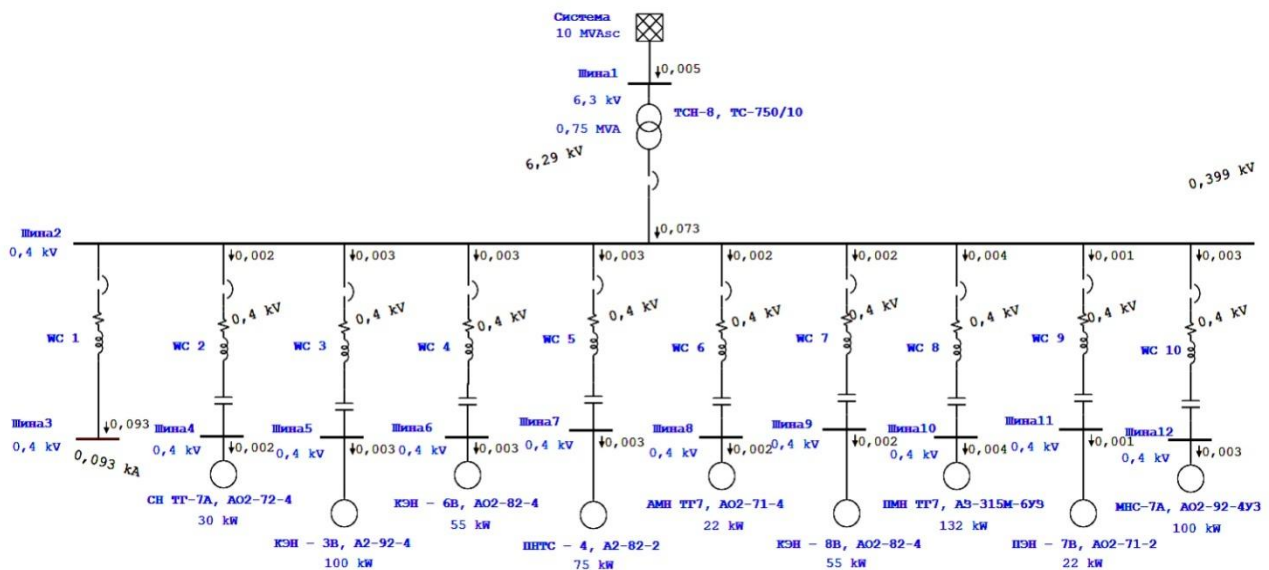
Расчетная величина	Двухфазное короткое замыкание <sup>(2)</sup>	Двухфазное короткое замыкание на землю <sup>(2//1)</sup>	Однофазное короткое замыкание на землю <sup>(1)</sup>
1	2	3	4
$x_{\Delta}^{(n)}$	$x_{2\Sigma}$	$x_{2\Sigma} \parallel x_{0\Sigma}$	$x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma}$
$m^{(n)}$	$\sqrt{3}$	$\sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{x_{0\Sigma} \cdot x_{2\Sigma}}{(x_{0\Sigma} + x_{2\Sigma})}}$	3
$\dot{I}_{kA1}^{(n)}$	$\frac{E_{A\Sigma}^g}{j(x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma})}$	$\frac{E_{A\Sigma}^g}{j(x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} \parallel x_{0\Sigma})}$	$\frac{E_{A\Sigma}^g}{j(x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma})}$
$\dot{I}_{kA2}^{(n)}$	$-\dot{I}_{kA1}$	$-\dot{I}_{kA1} \cdot \frac{x_{0\Sigma}}{x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma}}$	$\dot{I}_{kA1}$
$\dot{I}_{kA0}^{(n)}$	0	$-\dot{I}_{kA1} \cdot \frac{x_{2\Sigma}}{x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma}}$	$\dot{I}_{kA1}$
$\dot{I}_{kA}$	0	0	$3 \cdot \dot{I}_{kA1}$
$\dot{I}_{kB}$	$a^2 \cdot \dot{I}_{kA1} - a \cdot \dot{I}_{kA1}$	$\dot{I}_{kA1} \cdot \left[ a^2 - \frac{a \cdot x_{0\Sigma} + x_{2\Sigma}}{x_{0\Sigma} + x_{2\Sigma}} \right]$	0
$\dot{I}_{kC}$	$a \cdot \dot{I}_{kA1} - a^2 \cdot \dot{I}_{kA1}$	$\dot{I}_{kA1} \cdot \left[ a - \frac{a^2 \cdot x_{0\Sigma} + x_{2\Sigma}}{x_{0\Sigma} + x_{2\Sigma}} \right]$	0
$\dot{U}_{kA}$	$2 \dot{I}_{kA1} \cdot jx_{2\Sigma}$	$3 \dot{I}_{kA1} \cdot j \frac{x_{2\Sigma} \cdot x_{0\Sigma}}{x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma}}$	0

1	2	3	4
$\dot{U}_{kВ}$	$-j\dot{I}_{kA1} \cdot jx_{2\Sigma}$	0	$-\dot{I}_{kA1} \cdot j \begin{bmatrix} x_{2\Sigma} \cdot (a^2 - a) + \\ +x_{0\Sigma} \cdot (a^2 - 1) \end{bmatrix}$
$\dot{U}_{kС}$	$-j\dot{I}_{kA1} \cdot jx_{2\Sigma}$	0	$\dot{I}_{kA1} \cdot j \begin{bmatrix} x_{2\Sigma} \cdot (a - a^2) + \\ +x_{0\Sigma} \cdot (a - 1) \end{bmatrix}$
$I_{k0}$	0	$-3I_{kA1}^{гг} \cdot \frac{x_{2\Sigma}}{x_{0\Sigma} + x_{2\Sigma}}$	$3I_{kA1}^{гг}$

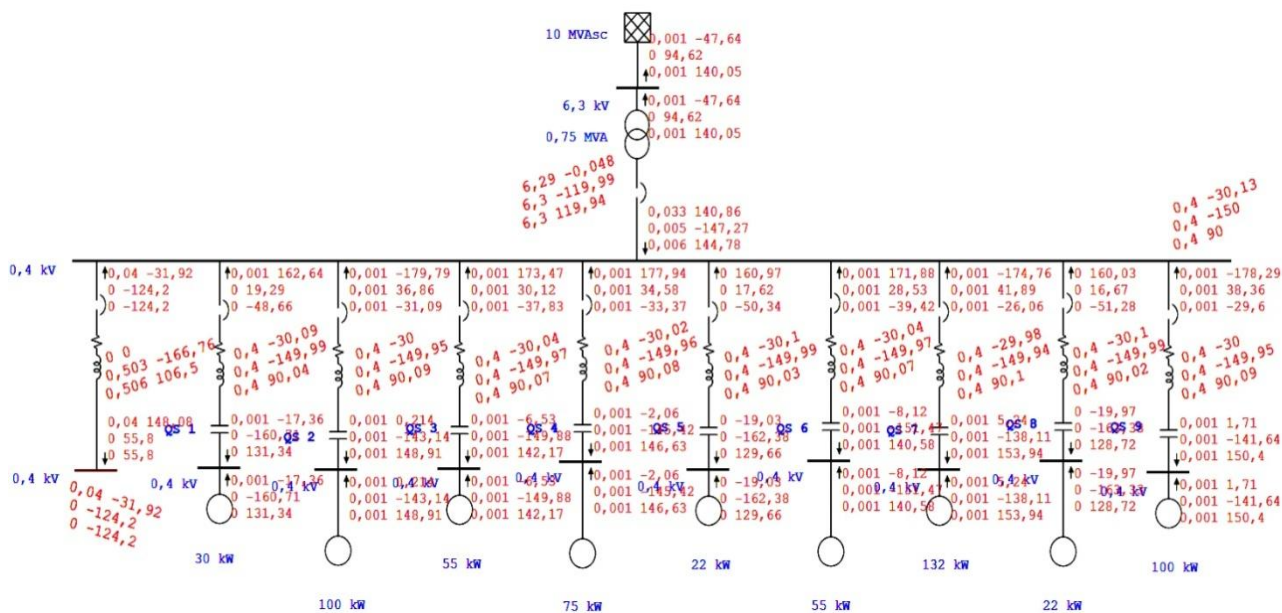
### Математическое моделирование

В качестве имитационной в моделировании расчета несимметричных токов короткого замыкания в действующей системе электроснабжения VIII секции с 9-тью асинхронными двигателями собственных нужд тепловых электростанций №1 г. Душанбе, Республики Таджикистан [6] была принята программа ETAP (Electrical Transient Analyzer Program, компания OTI США) [7,8], с целью подтверждения возможности использования программ при проведении расчетов несимметричных коротких замыканий, которая показано на рис. 3.

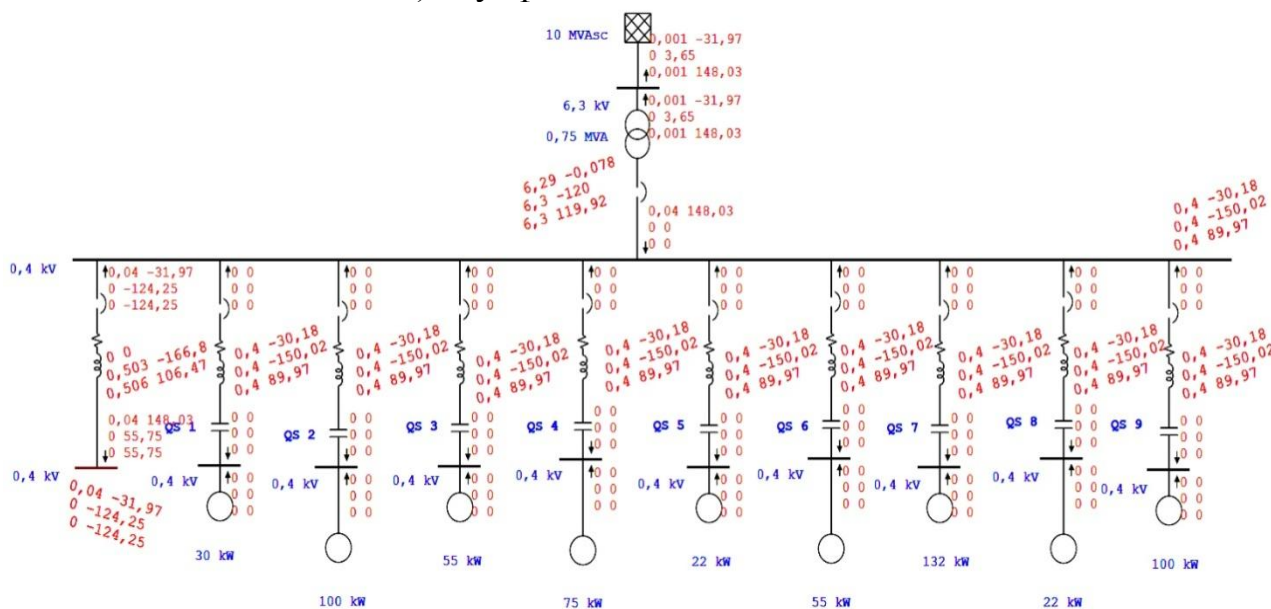
Модуль расчёта коротких замыканий в программе ETAP представляет собой автоматизированный комплекс по расчёту коротких замыканий в электроэнергетических системах [7,8]. Программа ETAP позволяет рассчитать короткие замыкания при различных типах повреждений, таких как: симметричные и несимметричные короткие замыкания в сетях с различными режимами заземления нейтрали. Модуль расчёта коротких замыканий имеет интеграцию с модулем координации устройств РЗА выполняются в соответствии со стандартами ANSI/IEEE/ГОСТ [7,8].



а) трехфазное замыкание



б) двухфазное замыкание на землю



а) однофазное замыкание

Рис. 3 – Исследуемая модель для изучения несимметричных токов короткого замыкания в программе ETAP

### Заключение

Важным вопросом в энергетике считается правильный расчет несимметричных токов короткого замыкания. Правильный расчет несимметричных трехфазных цепей влияет не только на энергоэффективность, но и на безопасность рабочих. Метод симметричных составляющих хорошо справляется с этой задачей. Данный метод позволяет перейти от несимметричной системы к симметричной, ведь тогда оказывается возможным исключить соотношения, обусловленные взаимоиндукцией, и избежать связанных с ними осложнений при решении задач. Расчет несимметричных коротких замыканий следует проводить с приведением расчетной схемы к

одной ступени напряжения, а ее параметры должны быть выражены в относительных единицах, приведенных к расчетным базисным величинам. В данной работе для расчета несимметричного короткого замыкания используется метод симметричных составляющих. Он заключается в разложении несимметричной системы векторов на три симметричных составляющих: прямой, обратной и нулевой последовательностей. В качестве имитационной в моделировании расчета несимметричных токов короткого замыкания была принята программа ETAP. Данная программа показала, что при выполнении расчетов на одинаковых расчетных схемах результаты, полученные с помощью программа ETAP, полностью соответствуют результатам, полученным теоретическим.

#### Список литературы

1. Гук Ю.Б. Проектирование электрической части станций и подстанций: Учеб. пособие для вузов / Ю.Б. Гук, В.В. Кантан, С.С. Петрова. Ленинград: Энергоатомиздат. 1985. 312 с.
2. Маджидов А.Ш. Особенности расчета токов короткого замыкания в системе собственных нужд электрических станциях. Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых ученых. Аксиологический кризис человеческого бытия: гуманизм - трансгуманизм – посттрансгуманизм: статья в сбор. труд. конф. Грозный. 2020. С. 646-651.
3. Соловьева А.С. Расчет токов короткого замыкания в установках переменного и постоянного тока: Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине “Тяговые и трансформаторные подстанции”. Москва: МГУПС. 2015. 40 с.
4. Маджидов А.Ш. Уравнения асинхронного электродвигателя при переходном процессе. Информационные технологии, энергетика и экономика (электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве): сборник трудов XVII международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. Смоленск. 2020. С. 44-49.
5. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учебник для электротех. и энергетических вуз. и факультетов. Москва: Энергия. 1970. 520 с.
6. Информация за 2020 года ОАО «Душанбинская ТЭЦ № 1». URL: <http://www.barqitotjik.tj/about/dependents/generation/256/196292/> (дата обращения: 28.09.2020).
7. Описание программы ETAP. URL: <https://etap.com> (дата обращения: 28.09.2020).
8. Гусев Ю.П. Современные программные комплексы для расчета коротких замыканий / Ю.П. Гусев, А.Г. Каюмов, А.Ш. Маджидов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. №7. 2020. С. 19-27.

УДК 621.311.25; 621.311.18.018.782.3; 621.313.13

## РАСЧЕТ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ПРОИЗВОЛЬНЫЙ МОМЕНТ ВРЕМЕНИ

А.Ш. Маджидов

*Национальный исследовательский университет "МЭИ" (Москва)*

**Аннотация.** Для выбора и проверки электрооборудования допускаются упрощенные методы расчета токов короткого замыкания, если их погрешность не превышает 5-10%. При этом определяются начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания и значение этой составляющей в произвольный момент времени, вплоть до расчетного времени размыкания поврежденной цепи. В последнее время для практического применения руководящими указаниями по расчету токов короткого замыкания рекомендуется метод типовых кривых. Метод типовых кривых применяется для определения периодической составляющей тока короткого замыкания в произвольный момент времени. Расчет тока короткого замыкания в произвольный момент времени массивен и требует немалой вычислительной работы. В XXI веке натурные эксперименты на модельных электростанциях и подстанциях дали возможность определить изменение периодической составляющей до установившегося значения. Полученные типовые кривые впоследствии неоднократно уточнялись, но суть методики оставалась неизменной. В данной работе рассматривается определение периодической составляющей тока в месте короткого замыкания для произвольного момента времени при относительно небольшой электрической удаленности точки короткого замыкания, когда приближенный расчет дает значительные погрешности, выполняется при помощи типовых кривых. Для обоснования правильности метода типовые кривые приведены разные практические математические примеры.

**Ключевые слова:** переходный процесс, короткое замыкание, периодическая составляющая тока короткого замыкания, аperiodическая составляющая тока короткого замыкания, удаленность, типовые кривые, генератор, двигатель.

## THE PERIODIC COMPONENT OF THE CURRENT SHORT CIRCUIT CALCULATION AT AN ARBITRARY TIME

Abdullo Majidov

*National research University "Moscow power engineering Institute" (Moscow)*

**Annotation.** Simplified methods for calculating short-circuit currents are allowed for selecting and checking electrical equipment, if their error does not exceed 5-10%. This determines the initial value of the periodic component of the short-circuit current and the value of this component at any time, up to the estimated opening time of the damaged circuit. Recently, the standard curve method has been recommended for practical use in the guidelines for calculating short-circuit currents. The method of typical curves is used to determine the periodic component of the short-circuit current at any time. Calculating the short-circuit current at any given time is massive and requires a lot of computational work. In the XXI century, field experiments at model power plants and substations made it possible to determine the change in the periodic component to a steady value. The resulting standard curves were subsequently refined several times, but the essence of the method remained unchanged. In this paper, we consider the determination of the periodic component of the current at the short-circuit point for an arbitrary moment in time with a relatively small electrical distance of the short-circuit point, when the approximate calculation gives significant errors, is performed using standard curves. To justify the correctness of the method, standard curves are used, and various practical mathematical examples are given.

**Key words:** transient, short-circuit, periodic component of the short-circuit current, aperiodic component of the short-circuit current, distance, typical curves, generator, motor.

## Введение

Для выбора коммутационной аппаратуры при проектировании электрических станций и подстанций необходимо знать токи короткого замыкания для производного момента времени. При выборе выключателей требуется определить периодическую и аperiodическую составляющие тока короткого замыкания в момент расхождения контактов выключателя. Расчетное время от начала короткого замыкания до расхождения контактов определяется:

$$\tau = 0,01 + t_{c.в.} \quad (1)$$

где  $t_{c.в.}$  – собственное время выключателя, не превышающее 0,2 с [1,2]

Аperiodическая составляющая тока короткого замыкания определяется аналитически, как показано [1,2], а аналитическое определение периодической составляющей возможно лишь в простейших случаях (схема с одним или несколькими одинаковыми, симметрично расположенными генераторами). Для сложных схем при расчете периодической составляющей тока короткого замыкания для момента времени до 0,5 с рекомендуют метод типовых кривых [1,3,5,7]. Этот метод основан на использовании кривых изменения во времени отношения  $I_{г.t.} / I_{г.0}$  при различных удаленностях точки коротких замыканий ( $I_{г.t.}$  и  $I_{г.0}$  – периодические составляющие от генератора в произвольный и начальный момент тока короткого замыкания).

Величиной, которая характеризует удаленность точки короткого замыкания от синхронного генератора, является отношение тока  $I_{г.0}$  к номинальному току генератора, т.е.  $I_{*г.0} = I_{г.0} / I_{ном}$ . Если расчет ведется в базисных единицах, то удобно пользоваться формулой:

$$I_{*г.0} = I_{*г.0(б)} \cdot \frac{S_б}{S_{ном}}, \quad (2)$$

где  $I_{*г.0(б)}$  – ток от генератора в начальный момент короткого замыкания, приведенный к базисным условиям.

Отношение  $I_{г.t.} / I_{г.0}$  при принятом способе оценки удаленности короткого замыкания относительно мало зависит от параметров синхронной машины, а также от нагрузки и места ее подключения, поэтому метод типовых кривых справедлив для турбогенераторов мощностью от 12 до 1000 МВт, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов [1,2,4]. Типовые кривые изменения во времени тока короткого замыкания приведены на рис. 1. Метод типовых кривых является современным и основным методом расчета переходных процессов при коротком замыкании, основан со следующими допущениями: мощность генераторов любая; питание нагрузки осуществляется любым способом, в том числе при блочной схеме; наличие АРВ на всех генераторах; при расчете используются не типовые, а реальные параметры. Независимо от типа генератора кривая изменения периодической составляющей тока во времени зависит только от удаленности короткого замыкания и тесно связана с начальным значением тока короткого замыкания. Данный метод требует аналитического расчета начального тока КЗ.

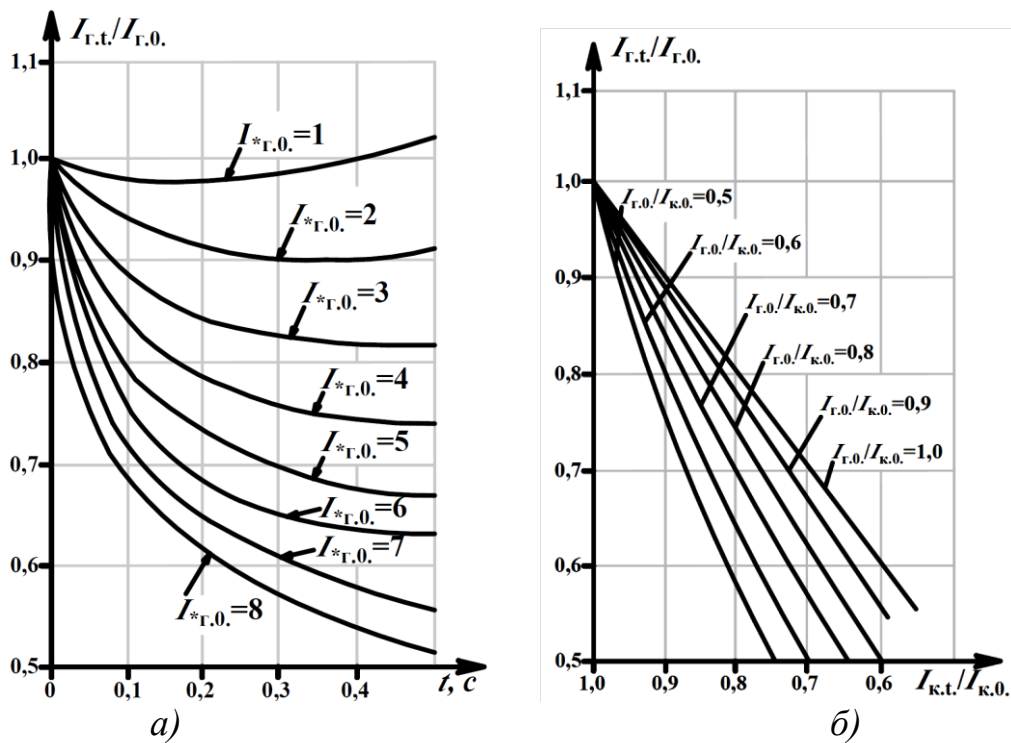


Рис. 1 – Типовые кривые для определения периодической составляющей тока короткого замыкания

По кривым на рис. 1, а рассчитывают ток в том случае, если расчетная схема содержит один или несколько однотипных генераторов. После преобразования схемы замещения и нахождения  $x_{рез.}$  аналитически рассчитывают ток генератора  $I_{г,0}$  в момент короткого замыкания, затем относительный ток  $I_{*г,0}$ ; если последний оказывается дробным числом, то его округляют до ближайшего целого числа или интерполируют кривые. Далее выбирают соответствующую типовую кривую и для расчетного момента времени определяют отношение  $v_t = I_{г,t} / I_{г,0}$ , а затем вычисляют периодическую составляющую тока короткого замыкания в момент  $t$ :

$$I_{г,t} = v_t \cdot I_{г,0} \quad (3)$$

Если в схеме несколько генераторов и после преобразования схемы окажется, что все они непосредственно связаны с точкой короткого замыкания, то для каждой ветви определяют токи короткого замыкания отдельно и затем суммируют их для получения тока в точке короткого замыкания.

В тех случаях, когда точка короткого замыкания находится за сопротивлением  $x_k$ , общим для генератора и системы, а удаленность этой точки от генератора такова, что  $I_{*г,0} \leq 1,5$ , необходимо учитывать изменение во времени действующих значений периодических составляющих токов от генератора и в точке короткого замыкания [1,4,5].

Отношение действующих значений периодической составляющей тока в точке короткого замыкания в произвольный момент времени  $t$  и в начальный момент короткого замыкания  $I_{к,t} / I_{к,0}$  можно определить с помощью кривых на



рис. 1, б. Кривые построены для отношений  $I_{г.0} / I_{к.0}$  в пределах от 1 до 0,5. При  $I_{г.0} / I_{к.0} < 0,5$  изменением во времени действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания можно пренебречь [1,7,8].

Для определения тока короткого замыкания преобразуют схему замещения к виду, показано на рис. 2. Находят результирующее сопротивление, ЭДС и определяют начальное значение периодической составляющей тока в месте короткого замыкания:

$$I_{к.0} = E_{\Sigma} / x_{рез.} \quad (4)$$

Затем рассчитывают ток генераторной ветви по формуле:

$$I_{г.0} = \frac{E_{\Sigma} - I_{к.0} \cdot x_k}{x_{г\Sigma}} \quad (5)$$

Ток генераторной ветви можно рассчитывать по коэффициенты распределения.

Находят  $I_{*г.0}$ , отношение  $I_{г.0} / I_{к.0}$  и выбирают соответствующие кривые на рис. 1, а, б. Для заданного времени  $t$  и выбранной на рис. 1, а кривой  $I_{*г.0}$  определяют  $I_{г.t} / I_{г.0}$  используют это отношение для определения  $I_{к.t} / I_{к.0}$  по кривой на рис. 1, б. Зная отношение  $I_{к.t} / I_{к.0}$  и ток  $I_{к.0}$ , находят периодическую составляющую тока в точке короткого замыкания в расчетный момент времени.

Метод типовых кривых следует применять при сравнительно небольших удаленностях точки короткого замыкания от генераторов. Если же источники энергии удалены от точки короткого замыкания настолько, что ток ближайшего источника в момент короткого замыкания выше номинального не более чем в 1,5 раза ( $I_{*г.0} \leq 1,5$ ), то все источники путем преобразования схемы можно заменить одним источником, а амплитуду его результирующей ЭДС и периодическую составляющую тока короткого замыкания считают неизменными во времени.

Таким образом, методика расчета периодической составляющей тока короткого замыкания для произвольного момента времени  $t$ , как и методика расчета аperiodической составляющей тока и ударного тока короткого замыкания, определяется удаленностью точки короткого замыкания от источников. Рассмотрим три характерных случая.

При удаленном коротком замыкании:

$$I_{к.t} = I_{к.0} \quad (6)$$

При коротком замыкании вблизи синхронной машины:

$$I_{к.t} = \sum I_{г.t} + I_c \quad (7)$$

где  $\sum I_{г.t}$  – суммарный периодический ток генераторов для момента времени  $t$ , определяемый методом типовых кривых;  $I_c$  – ток системы, неизменный в процессе короткого замыкания.

При коротком замыкании вблизи узла двигательной нагрузки:

$$I_{к.t} = I_{п.t.д} + I_c \quad (8)$$

где  $I_{п.т.д}$  – периодический ток двигателей в момент  $t$ .

Периодическая составляющая тока короткого замыкания от двигателей существенно затухает в процессе короткого замыкания [1,3,6]. Упрощенное выражение этой составляющей для асинхронных двигателей имеет вид:

$$I_{п.т.д} = I_{п.0.д} \cdot \exp(-t/T_{п.д}). \quad (9)$$

Как отмечалось выше, при расчете токов короткого замыкания в сети собственных нужд электрических станций и подстанций двигателя, подключенные к одной секции, заменяют эквивалентным двигателем или группами эквивалентных двигателей, если, например, в сети собственных нужд имеются как асинхронные, так и синхронные двигатели. Для этих групп получено выражение периодической составляющей тока короткого замыкания в произвольный момент времени  $t$ :

$$I_{п.т.д} = \gamma_{а.д.} \cdot I_{п.0.а.д} + \gamma_{с.д.} \cdot I_{п.0.с.д}. \quad (10)$$

где  $I_{п.0.а.д}$  и  $I_{п.0.с.д}$  – периодическая составляющая тока короткого замыкания в начальный момент от асинхронных и синхронных двигателей;  $\gamma_{а.д.}$  и  $\gamma_{с.д.}$  – коэффициенты, учитывающие степень затухания периодической составляющей тока от асинхронных и синхронных двигателей к моменту времени  $t$ .

Согласно [1,2,4,5], в момент времени  $t=0,1с$  (время отключения выключателей в сети собственных нужд электростанций и подстанций) для ТЭС с генераторами мощностью 60 – 150 МВт:  $\gamma_{а.д.} = 0,2$  и  $\gamma_{с.д.} = 0,6$ ; для ТЭС с блоками 200 – 1000 МВт:  $\gamma_{а.д.} = 0,25$  и  $\gamma_{с.д.} = 0,6$ . Аperiodическая составляющая тока короткого замыкания от двигателей к моменту  $t=0,1с$  близка нулю.

Необходимо отметить, что метод типовых кривых применяют при проверке аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания, выборе уставок простейших РЗ и А и решении ряда других практических задач.

Для обоснования вышеизложенного решим пример: для генераторов общей мощностью 220 МВА с  $E=1,0$  за сопротивлением  $X_K=0,19$  при  $S_{\sigma}=100$  МВА определить действующее значение периодической составляющей тока КЗ через 0,2 сек. Начальное значение периодической составляющей тока КЗ

$$I_{Г0} = \frac{E}{X_K} = \frac{1,0}{0,19} = 5,26.$$

Номинальный ток генераторов

$$I_{H\Sigma} = \frac{S_{ген}}{S_{\sigma}} = \frac{220}{100} = 2,2.$$

По типовым кривым (рис. 1,а) при  $t = 0,2 \text{ сек}$  и  $\frac{I_{Г0}}{I_{H\Sigma}} = \frac{5,26}{2,2} = 2,39$

определяем  $\frac{I_{Гt}}{I_{Г0}} = 0,88$ , откуда  $I_{Гt} = 0,88 I_{Г0} = 0,88 \cdot 5,26 = 4,63$ .

### Заключение

Анализ периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания в произвольный момент времени показывает, что для нахождения тока для произвольного момента времени совместно с аналитическим расчетом начального тока используются типовые кривые изменения тока. При этом ток от системы не изменяется во времени, а ток от остальных генераторов либо токи отдельных групп генераторов определяются с использованием типовых кривых. Типовые кривые применяются для определения действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания в любой произвольный момент времени от синхронных и асинхронных двигателей, аналогичные рассмотренным, построенные специально. Метод типовые кривые позволяет с достаточной для практики точностью определить ток короткого замыкания как при наличии местной нагрузки, так и при ее отсутствии. Рекомендуется, что для определения периодической составляющей тока в месте короткого замыкания для произвольного момента времени при относительно небольшой электрической удаленности точки короткого замыкания, когда приближенный расчет дает значительные погрешности, использовать метод типовые кривые.

### Список литературы

1. Гук Ю.Б. Проектирование электрической части станций и подстанций: Учеб. пособие для вузов / Ю.Б. Гук, В.В. Кантан, С.С. Петрова. Ленинград: Энергоатомиздат. 1985. 312 с.
2. Сивокобыленко В.Ф. Математическое моделирование электромеханических переходных процессов на электрических станциях / В.Ф. Сивокобыленко, М.А. Меженкова // Электричество. Москва. 2001. № 4/2001. С. 5 – 9.
3. Маджидов А. Ш. Особенности расчета токов короткого замыкания в системе собственных нужд электрических станциях. Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых ученых. Аксиологический кризис человеческого бытия: гуманизм - трансгуманизм – посттрансгуманизм (29-30 мая): статья в сборнике трудов конференции. Грозный. 2020. С. 646-651.
4. Шабовта М.Ю. Математическая модель для расчёта переходных режимов в многомашинной системе промышленного предприятия / М.Ю. Шабовта // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – К.: Техніка. № 02(78). 2011. С. 62 – 67.
5. Бесараб А.Н. Расчет периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания в сложных схемах в произвольный момент времени / А.Н.

Бесараб, В.Н. Невольниченко, М.Ю. Шабовта // Электротехнические и Компьютерные Системы. №15(91). 2014. С.407-411

6. Маджидов А.Ш. Уравнения асинхронного электродвигателя при переходном процессе. Информационные технологии, энергетика и экономика (электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве): сборник трудов XVII международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. Смоленск. 2020. С. 44-49.

7. Черновец А.К. Электрическая часть АЭС (переходные процессы в системах электроснабжения): Учебное пособие. Ленинград: Издательство ЛПИ. 1980. 80 с.

8. Околович М.Н. Проектирование электрических станций: Учебник для вузов / М.Н. Околович. Москва: Энергоиздат. 1982. 400 с.

**УДК 004.946**

## **РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТУМАНА В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ**

А.В. Мальцев, П.Ю. Тимохин

*ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», Россия, г. Москва*

**Аннотация.** В данной работе рассматривается задача расчета освещенности поверхностей трехмерных объектов с учетом влияния тумана, моделируемого в виртуальном пространстве. Предлагаемые решения основаны на применении распределенных вычислений на современных графических процессорах (GPU), что обеспечивает визуализацию сложных виртуальных сцен в масштабе реального времени.

**Ключевые слова:** визуализация, виртуальная среда, туман, трехмерный объект, буфер глубины, графический процессор.

## **DISTRIBUTED COMPUTING OF OBJECT ILLUMINATION WHEN FOG SIMULATION IN VIRTUAL ENVIRONMENT**

A.V. Maltsev, P.Yu. Timokhin

*Scientific Research Institute for System Analysis, Russia, Moscow*

**Abstract.** In this paper the problem of computing the illumination of three-dimensional object surface is considered, taking into account the effect of fog simulated in virtual space. Proposed solutions are based on distributed computing by means of modern graphics processors (GPU), that provides real-time visualization of complex virtual scenes.

**Keywords:** visualization, virtual environment, fog, three-dimensional object, depth buffer, graphics processor.

### **Введение**

Одно из направлений исследований в области трехмерного компьютерного моделирования и визуализации открытых пространств в системах виртуального окружения состоит в создании методов правдоподобной имитации атмосферных явлений в масштабе реального времени (т.е. с частотой визуализации изображений не менее 25 раз в секунду). Важной задачей в рамках данного направления является моделирование тумана. Существует

несколько различных подходов к ее решению. Так, авторы статьи [1] описывают метод моделирования объемного тумана как составляющей общей модели расчета освещенности трехмерной сцены на основе принципов атмосферного рассеяния. Для практической реализации используются вычислительные шейдеры для GPU и объемные 3D текстуры. Метод позволяет достичь довольно реалистичных изображений, но жесткая взаимосвязь моделирования тумана и вычисления освещения по модели рассеяния затрудняет его внедрение в существующее программное обеспечение, где применяются иные модели освещения. В работе [2] предлагается подход к имитации тумана с помощью постобработки изображений, получаемых в ходе основного этапа визуализации виртуальной среды. При этом нет необходимости корректировать алгоритмы и программный код, отвечающие за базовый рендеринг. Суть этапа постобработки в данном случае состоит в вычислении на графическом процессоре «количества» тумана между виртуальной камерой и точкой объекта для каждого пиксела исходного кадра с учетом данных буфера глубины, а также последующей корректировке цвета этого пиксела. Недостаток такого применения постобработки состоит в отсутствии тумана за полупрозрачными объектами. Метод моделирования тумана, описанный в статье [3], также базируется на вычислении «количества» тумана, но расчет выполняется для каждой точки каждого объекта уже в ходе основного рендеринга. Для обеспечения неоднородности синтезируемого тумана применяются трехмерные текстуры шума. Однако зависимость его плотности от высоты расположения виртуальной камеры и наблюдаемых ей объектов не учитывается.

В данной работе рассматривается новый метод распределенного вычисления на GPU в реальном времени освещенности виртуальных объектов при рендеринге трехмерной сцены с моделированием тумана, основанный на идеях из [2]. Его оригинальность состоит в переносе вычисления и применения коэффициента «количества» тумана из постобработки в основной проход рендеринга, а также авторском подходе к вычислению этого коэффициента для зрительных лучей, обеспечивающем наблюдение моделируемого тумана сквозь полупрозрачные поверхности.

### **Классификация фрагментов изображения**

При моделировании тумана в трехмерной виртуальной среде в данной работе предлагается разделять фрагменты, для которых основной фрагментный шейдер визуализации производит расчет освещенности, по принадлежности к переднему или заднему

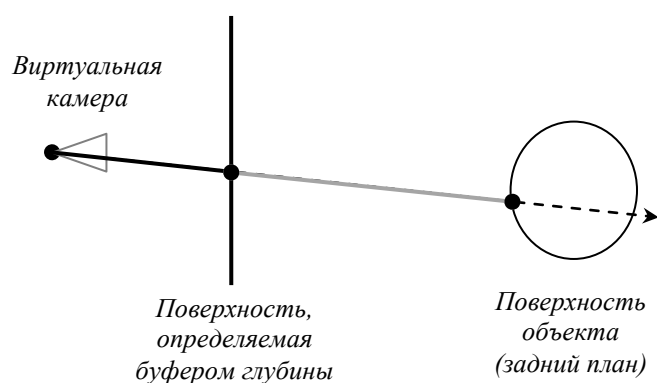


Рис. 1 – Фрагменты переднего и заднего плана

плану (рис. 1) и вычислять для них значения  $F_n$  и  $F_f$  «количества» тумана на независимых отрезках зрительного луча  $R$ . Передним планом будем считать фрагменты, соответствующие ближайшим к виртуальной камере объектам и их поверхностям, а задним – все остальные. Принадлежность текущего обрабатываемого фрагмента к одному из планов определим с помощью карты глубины сцены. Ее можно синтезировать в буфере глубины видеокарты (z-буфере) перед запуском основного шейдера путем быстрого рендеринга геометрии объектов без записи в цветовой буфер. Для доступа к данным z-буфера в шейдере визуализации необходимо предварительно скопировать их в специальную текстуру  $T_{depth}$  (ее размер  $W \times H$  эквивалентен размеру формируемого кадра изображения). Критерием отнесения обрабатываемого фрагмента к тому или иному плану выступает результат сравнения расстояния по зрительному лучу  $R$  от виртуальной камеры до соответствующей ему точки  $P$  некоторого объекта с расстоянием по тому же лучу от камеры до точки  $P_n$ , глубина которой записана в текстуре  $T_{depth}$ .

Координаты точки  $O$  расположения камеры в мировой системе координат (СК) WCS известны. WCS-координаты для точки  $P$  можно получить путем интерполяции WCS-координат  $V_i$ ,  $i \in [0, 2]$ , трех вершин полигона, которому принадлежит  $P$ . Для этого их надо передать на выход вершинного шейдера в качестве выходных пользовательских векторов. Точку  $P_n$  в СК WCS вычислим на основе ее экранных координат  $(x/W, y/H, d, 1)$ , где  $x \in [0, W]$  и  $y \in [0, H]$  положение обрабатываемого фрагмента в СК области вывода с размером  $W \times H$  пикселей,  $d \in [0, 1]$  – значение глубины для  $P_n$ , сохраненное в пикселе  $(x, y)$  текстуры  $T_{depth}$ . Если обозначить текущие видовую и проекционную матрицы через  $M_v$  и  $M_{pr}$  соответственно, то, как показано в работе [4],

$$P'_n = (M_{pr} \cdot M_v)^{-1} \cdot (2 \cdot P_{scr,n} - (1, 1, 1, 1)), \quad P_n = \frac{P'_n}{P'_{n,w}}.$$

При выполнении неравенства

$$\|P - O\| - \|P_n - O\| < \varepsilon,$$

где  $\varepsilon$  – близкая к нулю константа, рассматриваемый фрагмент относится к переднему плану (поскольку точки  $P$  и  $P_n$  в таком случае совпадают, а глубина  $P_n$  записана в карте глубины, значит,  $P_n$  – ближайшая к камере точка поверхности по рассматриваемому зрительному лучу  $R$ ), а при его несоблюдении – к заднему.

### Освещенность фрагментов переднего плана

Расчет интенсивности освещения в точке  $P$ , соответствующей обрабатываемому фрагменту, выполняется в основном фрагментном шейдере с учетом коэффициента  $F$  «количества» тумана по формуле

$$I = (1 - k_{fog}) \cdot I_0 + k_{fog} \cdot C_{fog},$$

$$k_{fog} = \max(0.0, \min(1.0, F)),$$

где  $I_0$  – интенсивность без учета влияния тумана, вычисленная согласно используемой модели освещения (Блинна, Фонга и т.д.),  $C_{fog}$  – цвет тумана.

Значение  $F$  зависит от принадлежности фрагмента к переднему или заднему плану.

Вначале вычислим «количество» тумана  $F_n$  для фрагментов переднего плана. В рассматриваемой модели плотность тумана в точке виртуального пространства убывает по экспоненциальному закону при увеличении высоты, задаваемой  $z$ -координатой в СК WCS:

$$\rho(z) = \rho_0 \cdot e^{-b \cdot z},$$

где  $\rho_0$  – плотность тумана для точек, имеющих нулевую высоту,  $b$  – коэффициент падения плотности при увеличении высоты. Коэффициент  $F_n$  определяется путем интегрирования функции  $\rho(z(t))$  на отрезке зрительного луча  $R$ , ограниченном его началом  $O$  и точкой  $P_n$  (для фрагментов переднего плана соответствует точке  $P$ ). Функция  $z(t) = O_z + t \cdot D_z$ , где  $D = \frac{P_n - O}{|P_n - O|}$  – единичный

направляющий вектор, в данном случае задает изменение высоты вдоль луча  $R$ , зависящее от параметра  $t$  удаленности точки от его начала. Обозначив через  $S = |P_n - O|$  расстояние между точками  $O$  и  $P_n$ , получим

$$F_n = \int_0^S \rho(z(t)) \cdot dt = \rho_0 \cdot e^{-b \cdot O_z} \frac{1 - e^{-b \cdot D_z \cdot S}}{b \cdot D_z}. \quad (1)$$

### Коэффициент тумана для фрагментов заднего плана

Фрагменты, относящиеся по описанной выше классификации к заднему плану, скрыты от взгляда виртуальной камеры поверхностями переднего плана и могут быть видимы в кадре только тогда, когда передний план обладает свойством полупрозрачности. Рендеринг полупрозрачных поверхностей в системах визуализации трехмерных сцен производится, как правило, после всех непрозрачных. При этом используется механизм смешивания. Пусть очередной фрагмент, обрабатываемый графическим конвейером видеокарты, является полупрозрачным и расположен ближе к виртуальной камере по проходящему через него зрительному лучу, чем ранее поступившие и находящиеся на том же луче. Тогда соответствующий пиксел буфера кадра окрашивается в смесь его текущего цвета (определенного по ранее поступившим фрагментам) и цвета данного полупрозрачного фрагмента. Коэффициентом смешивания выступает значение непрозрачности, записанное в  $\alpha$ -канале проходящего фрагмента.

При упомянутом смешивании цветов расчет коэффициента «количества» тумана для точки  $P$  заднего плана аналогично точке  $P_n$  переднего плана привел бы к двойному вкладу моделируемого тумана на отрезке  $OP_n$  в результирующий цвет пиксела буфера кадра. Чтобы решить эту проблему, определим коэффициент  $F_f$  для точек заднего плана только на отрезке между  $P_n$  и  $P$ , т.е. вычислим интеграл (1) в пределах от  $S_n$  до  $S = S_n + S_f$ , где  $S_n = |P_n - O|$  и  $S_f = |P - P_n|$ :

$$F_f = \int_{S_n}^{S_n+S_f} \rho_0 \cdot e^{-b(O_z+t \cdot D_z)} \cdot dt = \rho_0 \cdot e^{-b(O_z+D_z \cdot S_n)} \frac{1-e^{-b \cdot D_z \cdot S_f}}{b \cdot D_z}.$$

Принимая во внимание, что  $O_z + D_z \cdot S_n = P_{n,z}$ , получим:

$$F_f = \rho_0 \cdot e^{-b \cdot P_{n,z}} \frac{1-e^{-b \cdot D_z \cdot S_f}}{b \cdot D_z}.$$

## Результаты

Оценка производительности предложенного в данной работе подхода выполнялась путем измерения параметра FPS (частоты генерации кадров, кадров/с) при рендеринге трехмерной сцены виртуального полигона с имитацией тумана (рис. 2). Модель полигона включает около 600 тысяч текстурированных треугольников. Визуализация проводилась с помощью компьютера, включающего процессор Intel Core i7 (3,5 ГГц) и графическую карту NVIDIA GeForce GTX 970 с 1664 ядрами GPU. Результаты экспериментов, отраженные в таблице 1, демонстрируют высокие значения FPS, а значит, поддержку рендеринга высокополигональных сцен в реальном времени даже при синтезе изображений в формате UHD 4K. Поэтому предложенные решения могут быть использованы при реализации программного обеспечения для систем виртуального окружения и имитационно-тренажерных комплексов.



Рис. 2 – Моделирование тумана в виртуальном полигоне

Таблица 1 – Результаты визуализации виртуального полигона

Разрешение изображения, пиксели	FPS, кадров/с	
	Без тумана	С туманом
1280×720 (HD)	210	206
1920×1080 (Full HD)	174	169
3840×2160 (4K)	127	120



## Заключение

На базе описанных в статье решений разработаны программные модули для систем визуализации, обеспечивающие распределенное вычисление освещенности трехмерных сцен с учетом моделируемого в них тумана с изменяющейся плотностью и зависимостью видимости виртуальных объектов от высоты расположения камеры. Реализация программных компонентов выполнялась с применением графической библиотеки OpenGL, шейдерного языка GLSL, а также принципов распределенных вычислений на современных многоядерных GPU. Успешная апробация данных модулей в составе системы визуализации «GLView», разработанной в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, продемонстрировала возможность применения предложенных подходов при реализации программного обеспечения имитационно-тренажерных комплексов и систем виртуального окружения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-07-00950.

## Список литературы

1. Wroński B. Volumetric Fog and Lightning // GPU Pro 6: Advanced Rendering Techniques. 2015. P.217-242.

2. Quilez I. Better fog // Inigo Quilez: fractals, computer graphics, mathematics, shaders, demoscene and more.

URL: <https://www.iquilezles.org/www/articles/fog/fog.htm> (дата обращения: 16.09.2020)

3. Zdrojewska D. Real time rendering of heterogenous fog based on the graphics hardware acceleration. 2004.

URL: [https://old.cescg.org/CESCG-2004/papers/34\\_ZdrojewskaDorota.pdf](https://old.cescg.org/CESCG-2004/papers/34_ZdrojewskaDorota.pdf) (дата обращения: 16.09.2020)

4. Мальцев А.В. Методы распределенного рендеринга виртуальных сцен на GPU с реализацией эффекта размытия в движении // Программная инженерия. 2020. Т.11, №4. С. 213-218.

## УДК 004.01

### АРМ ИНЖЕНЕРА СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Л.А. Попова, Е.С. Широкова

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Статья посвящена разработке программного обеспечения для станции технического обслуживания (СТО). Использована линейная регрессионная модель для прогнозирования количества СТО в зависимости от количества автомобилей.

**Ключевые слова:** линейная регрессия, автоматизированное рабочее место, станция технического обслуживания.

# WORKSHOP OF THE ENGINEER OF THE TECHNICAL SERVICE STATION

**L.A. Popova, E.S. Shirokova**

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University  
named after I.I. Polzunov*

**Annotation.** The article is devoted to the development of software for a service station (СТО). A linear regression model was used to predict the number of service stations depending on the number of cars.

**Key words:** linear regression, workstation, service station.

## **Введение**

В настоящее время автоматизированные средства и системы проникают всё глубже и глубже во все сферы производства и услуг. Не является исключением и сфера автомобильных ремонтов. Это связано с повышением требований к качеству оказываемых услуг и обслуживания клиентов.

Последнее время все больший интерес к автоматизации рабочих мест наблюдается со стороны активно развивающихся автосервисов и станций технического обслуживания (СТО), желающих минимизировать потери рабочего времени персонала, увеличить объемы выполняемых услуг и поднять уровень сервиса [1].

Вследствие увеличения автомобильного парка нашей страны, а также повышения технической сложности автомобилей объем работ по техническому обслуживанию значительно увеличивается. Чаще всего эти работы сложны, требуют больших трудовых затрат и квалифицированных рабочих [2].

Целью работы является разработка автоматизированного рабочего места инженера СТО.

Задачи:

- изучить деятельность СТО и информацию, необходимую для формирования документов о результатах технического обслуживания;
- изучить взаимосвязи между данными об автомобилях и клиентах;
- разработать базу данных для хранения информации, используемой на СТО;
- реализовать математическую модель для определения зависимости количества СТО от количества автомобилей;
- написать программу и отладить ее на контрольных примерах.

## **Описание методики**

Размер автомобильного парка города увеличивается с каждым днем. Вследствие спрос на услуги станций технического обслуживания (СТО) возрастает. Для того чтобы спрогнозировать спрос на услуги СТО, была взята регрессионная однофакторная модель, так как она является одной из наиболее распространенных моделей [3].

В качестве исходных данных выбрано количество автомобилей на начало года и количество СТО.

Год	Кол-во автомобилей на начало года (тыс.шт.)	Кол-во СТО на текущий год (шт.)
2014	28	20
2015	31	23
2016	33	26
2017	35	26
2018	37	29
2019	39	30

Цель прогнозирования: установить зависимость количества СТО от количества автомобилей.

Так как статистические данные показывают линейный рост, то наиболее подходящей является линейная функция.

Уравнение регрессии в общем виде:

$$y = a + b \cdot x, \quad (1)$$

где  $y$  – зависимая переменная, исследуемый экономический показатель (количество СТО на текущий год, шт.);

$x$  – независимая объясняющая переменная, фактор (количество автомобилей на начало года, тыс. шт.);

$a, b$  – коэффициенты регрессии;

Составим таблицу вспомогательных величин:

$i$	$x$	$y$	$x^2$	$y^2$	$x \cdot y$
1	28	20	784	400	560
2	31	23	961	529	713
3	33	26	1089	676	858
4	35	26	1225	676	910
5	37	29	1369	841	1073
6	39	30	1521	900	1170
$\Sigma$	203	154	6949	4022	5284

Составим систему для метода наименьших квадратов:

$$\begin{cases} 6a + 203b = 154, \\ 203a + 6949b = 5284. \end{cases}$$

Решим систему линейных уравнений и получим коэффициенты регрессии:

$$a = -5,167, \quad b = 0,9113.$$

Искомое уравнение линейной регрессии имеет вид:  $y = 0,9113x - 5,167$ .

Для проверки адекватности модели используем метод Фишера.

Выборочные средние:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{203}{6} = 33,83. \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{154}{6} = 25,67. \quad (3)$$

Выборочные дисперсии:

$$S^2(y) = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n} = \frac{69,34}{6} = 11,556. \quad (4)$$

Вычисляется вначале остаточная сумма квадратов, здесь  $\hat{y}_i$  – значение  $y$ , вычисленное по уравнению регрессии.

$$S_{ocm}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N} = \frac{2,198}{6} = 0,366. \quad (5)$$

Коэффициент детерминации:

$$D = 1 - \frac{S_{ocm}^2}{S^2\{y\}} = 1 - \frac{0,366}{11,556} = 1 - 0,032 = 0,968. \quad (6)$$

Коэффициент корреляции:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S(x) \cdot S(y)} = \frac{880,67 - 33,83 \cdot 25,67}{3,67 \cdot 3,39} = 0,984. \quad (7)$$

Коэффициент корреляции находится в пределах  $0,9 < r_{xy} < 1$ , это означает, что связь между признаком  $y$  и фактором  $x$  весьма высокая и прямая.

Наблюдаемое значение критерия Фишера:

$$F = \frac{D(N - K - 1)}{K(1 - D)} = \frac{0,968 \cdot 4}{(1 - 0,968)} = 122,18, \quad (8)$$

где:

$K$  – количество факторов;

$N$  – количество элементов выборки.

Табличный критерий Фишера при  $f_1 = 1$ ,  $f_2 = N - K - 1 = 4$  имеет значение  $F(0,05;1) = 7,71$ , что указывает на адекватность модели, т.к. выполняется неравенство  $F > F(0,05;1)$ .

### **Требования к программным и аппаратным средствам**

В программе «АРМ инженера СТО» предусмотрены функции ведения базы данных; формирования отчетов, актов и заказов-нарядов.

Программа написана в среде Borland Delphi 2010 на языке Object Pascal. Для работы клиентского приложения необходим исполняемый файл STO.exe, а также предварительная настройка соединения с сервером БД посредством источника данных ODBC с использованием файла connect.udl, который расположен в директории программы. Для работы программы STO.exe необходимо наличие файла STO.mdb в той же директории, что и программа.

### **Обсуждение результатов**

На рисунке 1 представлена структура программы.

Главная форма – главное окно программы, на котором расположено меню с различными пунктами, такими как справочники, документы, заказы и помощь. В пункте «Справочники» вызываются формы со справочной

информацией о клиентах, автомобилях, сотрудниках и прайсе. Пункт «Документы» вызывает формы для вывода на печать акта приема-передачи автомобиля и отчета о выполненных работах. В пункте «Заказы» формируется новый заказ, а также заказ запасных частей и вывода на печать заказов-нарядов. При выборе пункта меню «Помощь» выводится справочная или краткая информация о программе.

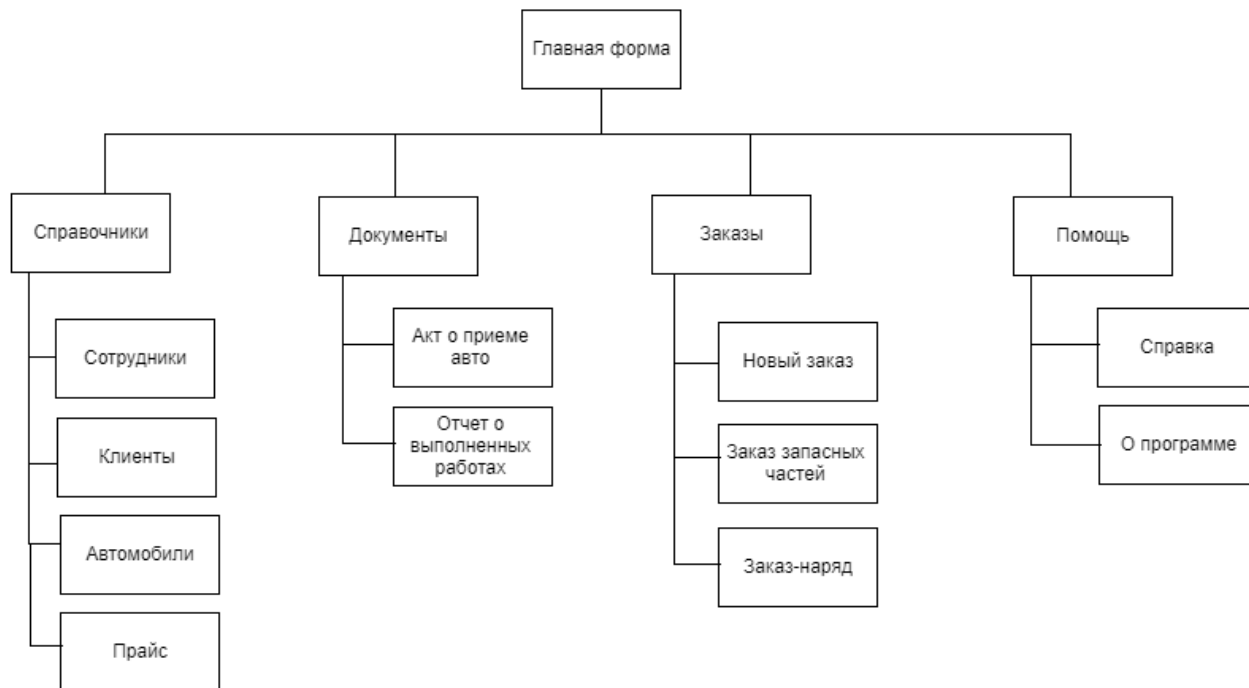


Рис. 1 – Структура программы

### Заключение

В ходе работы была изучена деятельность предприятия, а также информация, необходимая для формирования документов о результате технического обслуживания. Разработана база данных для хранения информации, используемой на СТО, а также необходимой справочной информации.

Описан алгоритм решения задачи, на основе которого было разработано программное обеспечение, предназначенное для автоматизации рабочего места инженера СТО. Основные функции программы: ведение БД и осуществление запросов к её таблицам; формирование и вывод видеogramм, отчетов, акта, заказа-наряда.

Данное программное обеспечение (ПО) внедрено в опытную эксплуатацию в ИП «Гребёнкин А.П.». Также планируется дальнейшая техническая поддержка для необходимых изменений и дополнений ПО.

Прогноз необходимого количества СТО от количества автомобилей выполнен с помощью регрессионной модели.

## Список литературы

1. Коваленко, Н.А. Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей: учебное пособие / Коваленко Н.А. – Минск: Новое знание, Москва: ИНФРА-М, 2016. – 228 с. – ISBN: 978-5-1601-1446-0.
2. Абидов, М. Автоматизированное рабочее место аналитика ИС, предназначенного для поддержки принятия решения / М. Абидов. Москва, 2019. – 25 с.
3. Лебедев А.Г. Математическое моделирование: Учебное пособие для студентов направления «Информатика и вычислительная техника» – Изд. 2-е. / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2016. – 123 с.

УДК 004.942

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛИЗИЙ КОЛЕС ВИРТУАЛЬНОГО РОБОТА СО СЛОЖНЫМ РЕЛЬЕФОМ МЕСТНОСТИ

Е.В. Страшнов, Д.В. Омельченко

*ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований  
Российской академии наук», Россия, г. Москва*

**Аннотация.** В данной работе рассматривается задача моделирования определения коллизий колес мобильного робота с рельефом местности в системах виртуального окружения. Для решения этой задачи предлагается подход, в котором колесо окружается аппроксимирующим цилиндром, а рельеф местности задается в виде регулярной сетки высот. С применением такого подхода был разработан алгоритм вычисления контактных точек в зависимости от взаимного расположения оси цилиндра и треугольников полигональной модели рельефа, построенной на основе регулярной сетки высот. Предложенные решения были реализованы в программном комплексе виртуального окружения, разработанном в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, и апробированы на примере моделирования движения марсохода в виртуальной сцене участка поверхности Марса.

**Ключевые слова:** моделирование, определение коллизий, колесный робот, сетка высот, аппроксимирующий цилиндр, система виртуального окружения.

### SIMULATION OF COLLISION DETECTION FOR WHEELS OF VIRTUAL ROBOT WITH COMPLEX TERRAIN

E.V. Strashnov, D.V. Omelchenko

*Scientific Research Institute for System Analysis, Russia, Moscow*

**Abstract.** This paper considers the task of collision detection between the wheels of a mobile robot and the terrain in virtual environment systems. To solve this task, an approach is proposed in which the wheel is surrounded by a bounding cylinder, and the terrain is represented in the form of a regular grid of heights. Using this approach, an algorithm was developed for calculating contact points, depending on the relative position of the cylinder axis and the triangles of the polygonal mesh, based on the regular grid of heights. The proposed solutions were implemented in a virtual environment software package developed at the SRISA RAS, and tested on the example of simulation of rover motion in a virtual scene of the Martian surface.

**Keywords:** simulation, collision detection, wheeled robot, regular grid of heights, bounding cylinder, virtual environment system.

## Введение

В настоящее время одним из перспективных направлений исследований является создание тренажерных систем виртуального окружения, в которых оператор может взаимодействовать с виртуальными объектами. К таким системам относится тренажер для обучения операторов навыкам дистанционного управления мобильными роботами посредством реального или виртуального пульта. Цель такого обучения состоит в выполнении различных операций, в которых реализуется движение виртуального колесного робота по рельефу различного типа, включая ямы, холмы, горки и т.д. От адекватности методов и подходов моделирования движения роботов зависит качество и успешность обучения операторов, что в дальнейшем позволит уменьшить риск поломки реального робота.

Моделирование движения виртуального колесного робота приводит к необходимости решения задачи определения коллизий колес робота с рельефом местности, который задается в виде полигональной сетки. В задаче определения коллизий (см. [1], [2], [3]) требуется определить сам факт пересечения колеса с поверхностью рельефа и в случае пересечения вычислить информацию о пересечении (точки контакта, глубины проникновения и нормали расталкивания). Информация о пересечении колеса с рельефом необходима для разрешения коллизий (см. [4], [5]), где вычисляются силы и моменты, действующие на колесо робота.

В настоящей работе предлагается подход, в котором рельеф местности задается в виде регулярной сетки высот. Для определения коллизий колеса с рельефом был разработан алгоритм [6], в котором пересечение рассматривается в зависимости от взаимного расположения оси аппроксимирующего цилиндра, окружающего колесо, с плоскостями треугольников полигональной модели, построенной на основе регулярной сетки высот. Далее опишем этот алгоритм более подробно.

### Алгоритм определения коллизий колеса с рельефом

Предлагается подход, в котором колесо окружается аппроксимирующим цилиндром радиуса  $r$ , высотой  $h$ , с центром в точке  $C$  и осью, заданной единичным вектором  $\mathbf{v}$ . Рельеф представлен в виде регулярной сетки (см. рис. 1), которая образует вершины

$$V_{ij} = (x_0 + j\Delta d, y_0 + i\Delta d, H_{ij}), \quad j = 0, \dots, M, \quad i = 0, \dots, N, \quad (1)$$

где  $(x_0, y_0)$  – начальная точка прямоугольной сетки,  $\Delta d$  – шаг сетки,  $H_{ij}$  – значения высот в узлах сетки. Смежные вершины сетки высот, вычисляемые через (1), формируют полигональную модель рельефа.

Предлагаемое решение для определения коллизий колеса с рельефом включает широкую и узкую фазу. На стадии широкой фазы выполняется грубая проверка на пересечение, в которой вычисляется множество тех треугольников, с которыми потенциально может пересекаться цилиндр. В свою очередь, на узкой стадии для полученного множества выполняется проверка на пересечение с вычислением контактной информации в виде  $(P, \mathbf{n}, d)$ , где  $P$  –

точка контакта,  $\mathbf{n}$  – нормаль к плоскости контакта,  $d$  – глубина проникновения точки.

Реализация широкой фазы определения коллизий осуществляется путем проецирования цилиндра на горизонтальную плоскость. Было получено, что границы области при проецировании вычисляются следующим образом:

$$(C_x \pm \Delta x, C_y \pm \Delta y), \Delta x = \frac{h}{2}|v_x| + r\sqrt{1-v_x^2}, \Delta y = \frac{h}{2}|v_y| + r\sqrt{1-v_y^2}. \quad (2)$$

По этим границам вычисляется множество треугольников, с которыми потенциально может пересекаться цилиндр.

Узкая стадия определения коллизий цилиндра с рельефом базируется на взаимном расположении цилиндра и плоскости треугольника. Уравнение плоскости имеет вид

$$s(W) = k_p - W \cdot \mathbf{n}_p = 0, \quad (3)$$

где  $W$  – точка, принадлежащая плоскости;  $\mathbf{n}_p$  – нормаль к плоскости;  $k_p$  – постоянная плоскости.

При контакте колеса с рельефом контактные точки будут находиться на нижней части боковой поверхности цилиндра. Для их поиска рассмотрим две крайние нижние точки  $A_1$  и  $A_2$  боковой поверхности цилиндра. Если из уравнения (3) выполнено  $s(A_1) \geq 0$  и  $s(A_2) \geq 0$ , то рассматривается контакт боковой поверхности цилиндра с плоскостью. Проверка на пересечение цилиндра с треугольником выполняется путем вычисления точек  $Q$  треугольника, которые являются ближайшими к проекции отрезка  $\mathbf{A}_1\mathbf{A}_2$  на плоскость. Обозначим эту проекцию как  $proj(\mathbf{A}_1\mathbf{A}_2)$ .

Возможны три случая в зависимости от того, где находится точка  $Q$ . Если эта точка находится вне цилиндра, то цилиндр и треугольник не пересекаются. В противном случае есть пересечение и требуется вычислить контактные точки. Если  $Q \in proj(\mathbf{A}_1\mathbf{A}_2)$ , то формируем контактную точку:

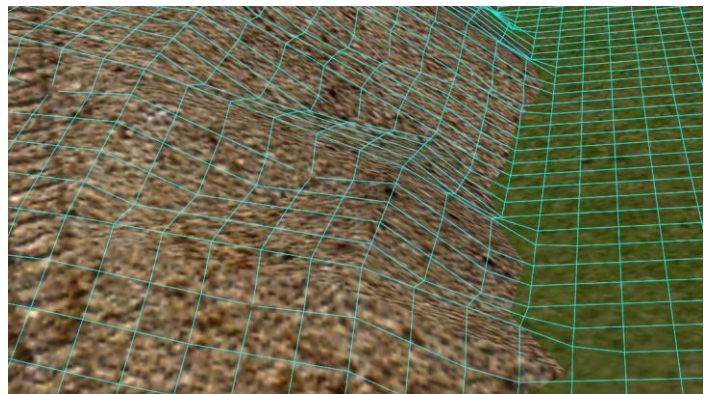


Рис. 1 – Регулярная сетка высот

$$P = A_1 + t\mathbf{A}_1\mathbf{A}_2, \mathbf{n} = \mathbf{n}_p, d = s(P), \quad (4)$$

где параметр  $t$  вычисляется путем отсечения отрезка треугольником с помощью алгоритма Кируса-Бека [7].

Если  $Q \notin proj(\mathbf{A}_1\mathbf{A}_2)$ , то для этих точек выполняется отложенная обработка с их добавлением в список, упорядоченный по расстояниям до оси цилиндра. Если после проверки на пересечение для всех треугольников окажется, что точка  $Q$  из списка не принадлежит связанному множеству точек треугольников, задающих пятно контакта, то формируем



$$P = Q' - \mathbf{rn}, \quad d = r - r_Q, \quad \mathbf{n} = \mathbf{QQ}' / r_Q, \quad (5)$$

где  $Q'$  – проекция  $Q$  на ось цилиндра,  $r_Q$  – расстояние от  $Q$  до оси цилиндра.

После обработки всех треугольников получим  $N$  точек  $P_i$ , которые образуют пятно контакта колеса с поверхностью. Как правило, полученное число точек является избыточным. Поэтому требуется сократить эти точки до количества, достаточного для качественного моделирования движения колесного робота.

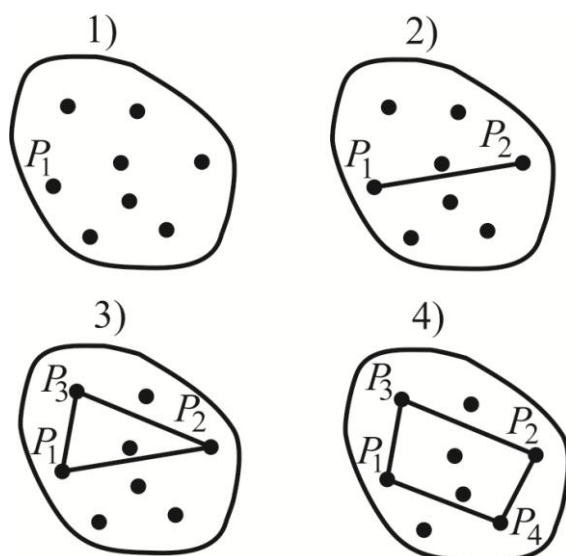


Рис. 2 – Формирование контактных точек

Нами предлагается алгоритм, в котором из этих точек выбираются четыре, которые образуют максимальную площадь четырехугольника. На рис. 2 показано, как формируются контактные точки с помощью разработанного алгоритма. На первом шаге алгоритма выбирается точка  $P_1$  с максимальной глубиной проникновения  $d_{\max}$ . На втором шаге выбирается точка  $P_2$ , наиболее удаленная от  $P_1$ . Затем на третьем шаге выбирается точка  $P_3$ , максимально удаленная от отрезка  $P_1P_2$ . И, наконец, последняя точка  $P_4$  выбирается так, чтобы площадь четырехугольника  $P_1P_2P_3P_4$  была максимальной.

Алгоритм определения коллизий аппроксимирующего цилиндра с рельефом местности выглядит следующим:

1. Построение полигональной модели рельефа на основе регулярной сетки высот, вершины которой вычисляются через (1).

2. Широкая фаза определения коллизий колеса с рельефом, на выходе которой определяется множество треугольников полигональной сетки (2), с которыми потенциально пересекается цилиндр.

3. Узкая фаза определения коллизий колеса с рельефом:

3.1. Вычисление точек треугольников  $Q$ , ближайших к проекции нижней боковой поверхности цилиндра  $A_1A_2$  на плоскость треугольника.

3.2. Если точка  $Q$  находится вне цилиндра, то цилиндр не пересекается с треугольником.

3.3. Если  $Q \in \text{proj}(A_1 A_2)$ , то формируем контактную точку с параметрами, вычисляемыми по формуле (4).

3.4. Если  $Q \notin \text{proj}(A_1 A_2)$ , то после обработки всех треугольников проверяется, принадлежит ли точка  $Q$  связанному множеству треугольников, которые образуют пятно контакта. В том случае, если  $Q$  не принадлежит этому множеству, то формируем контактную точку по формуле (5).

3.5. Выбор контактных точек  $P_i$ , которые образуют максимальную площадь четырехугольника.

В приведенном алгоритме пункты 3.1 - 3.3 выполняются для всех треугольников, полученных на стадии широкой фазы определения коллизий.

### Результаты моделирования

Предложенный алгоритм определения коллизий колес робота с рельефом местности был реализован в программном комплексе системы виртуального окружения, разработанном в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН. Этот программный комплекс предназначен для моделирования и управления виртуальными роботами. Модели роботов и сцен создаются в системе трехмерного моделирования 3dsMax и экспортируются в рассматриваемый комплекс в

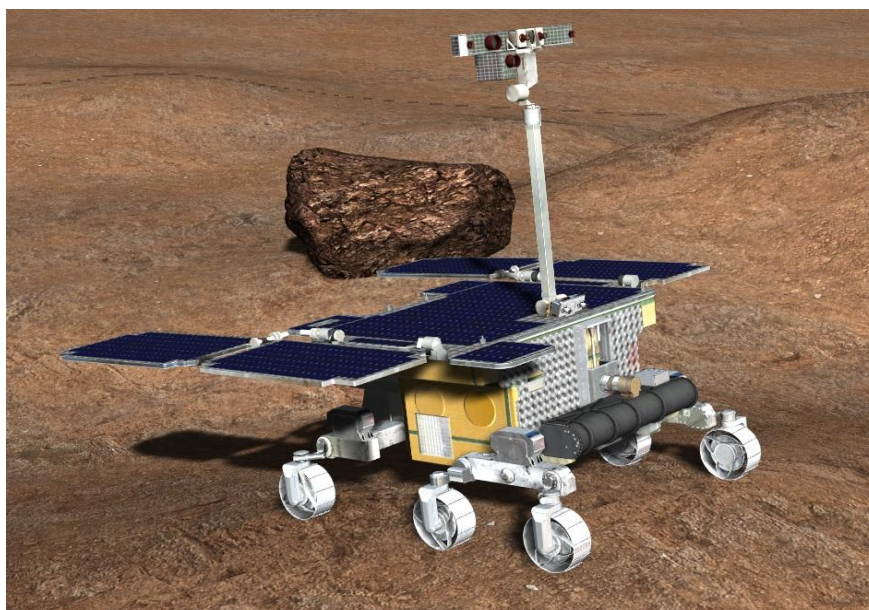


Рис. 3 – Моделирование движения марсохода

специальном формате. Управление роботами осуществляется с помощью виртуальных пультов, которые создаются в специальном редакторе и представляют собой набор двумерных визуальных элементов, с которыми может взаимодействовать пользователь. Апробация предлагаемых в работе решений была проведена на примере управления виртуальной модели марсохода на участке поверхности Марса. В данном комплексе были созданы программные модули для расчета определения коллизий колес с рельефом

местности. Эти программные модули включают в себя расчет динамики подвесок колес, а также расчет сил и моментов, возникающих при сцеплении колеса с поверхностью. На рис. 3 показано управление марсоходом при его движении по сложной поверхности рельефа Марса. Апробация на виртуальной модели показала адекватность и эффективность предлагаемых решений для определения коллизий колеса с рельефом.

### **Заключение**

В данной работе были предложены решения для определения коллизий колес виртуального робота с рельефом местности. Их эффективность заключается в том, что для проверки применяются быстрые геометрические тесты на пересечение. Кроме того, построение полигональной модели на основе сетки высот позволило избежать проблем избыточных расчетов для рельефа с высокой детализацией.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00387.

### **Список литературы**

1. Ericson C. Real-time collision detection / C. Ericson. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers. 2005.
2. Bergen G., and Gregorius D. Game physics pearls / G. van den Bergen. AK Peters/CRS Press. 2010.
3. Olvang L. Real-time collision detection with implicit objects // Department of Information Technology. Uppsala University. Sweden. 2010.
4. Gastenauer H., and Kurka D.I.D.G. A unified framework for rigid body dynamics. Degree paper. 2006.
5. Bender J., Erleben K., Trinkle J., and Coumans E. Interactive simulation of rigid body dynamics in computer graphics // Computer Graphics Forum. 2014. Vol. 33. Wiley Online Library. pp. 246-270.
6. Страшнов Е.В., Торгашев М.А. Алгоритмы определения коллизий аппроксимирующих цилиндров с моделью рельефа местности // International Journal of Open Information Technologies. 2020. Т. 8. № 7. С. 40-49.
7. Cyrus M., and Beck J. Generalized two- and three-dimensional clipping // Computer & Graphics. 1978. pp. 23-28.

**УДК 004.42**

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА**

Д.А. Фартышев, Н.А. Ларина, Д.В. Ремизов

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Работа посвящена прогнозированию значений уровня экономической безопасности региона на основе построенного уравнения множественной регрессии.

**Ключевые слова:** множественная регрессия, экономическая безопасность, прогнозирование

# FORECAST OF ECONOMIC SECURITY OF THE REGION

D. A. Fartyshev, N. A. Larina, D. V. Remizov

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University named  
after I.I. Polzynov*

**Abstract.** The work is devoted to forecasting the values of the level of economic security of the region based on the constructed equation of multiple regression.

**Keywords:** multiple regression, economic security, forecasting

## Введение

Одной из сложных областей наук является экономика, особенно экономическая безопасность государства, которая включает огромное количество информации по различным видам показателей. Составление математической модели для государства в целом является трудозатратной и проблематичной из-за объёма данных, но возможно построить один из видов модели для исследования экономической безопасности региона. Но для начала необходимо понять, что представляет собой экономическая безопасность региона [1].

Экономическая безопасность (ЭБ) – это состояние защищенности экономики от внешних и внутренних угроз.

Основные компоненты ЭБ:

- развитие (если экономика не развивается, то у нее резко сокращаются возможности выживания, сопротивляемости и приспособляемости к внешним и внутренним угрозам) [1];

- устойчивость, которая отражает прочность и надежность ее элементов, способность выдерживать внутренние и внешние нагрузки.

Для данного вида работы лучше всего подойдет математическая модель - множественной регрессии, на основе которой можно провести прогноз экономической безопасности.

Множественная линейная регрессия - выраженная в виде прямой зависимость среднего значения величины  $Y$  от двух или более других величин  $X_1, X_2, \dots, X_m$ . Величину  $Y$  принято называть зависимой или результирующей переменной, а величины  $X_1, X_2, \dots, X_m$  - независимыми или объясняющими переменными [2].

Для построения многофакторной регрессионной модели необходимо знать минимальный объем выборки, который зависит от числа факторов, включаемых в модель с учетом свободного члена. Для получения статистически значимой модели на один фактор требуется объем наблюдений, равный 5-8 наблюдениям.

Целью данной работы является прогноз экономической безопасности региона на ближайшие 5 лет на основе построенного уравнения.

## Математическая модель

Построение математической модели начинается с определения области наук, где её целесообразно применять, и сбора данных для получения уравнения. В нашем случае данной наукой является экономика, а именно экономическая безопасность региона на материалах Алтайского края [3].

Для построения модели были собраны данные за период 2013-2019 годов по ключевым показателям, характеризующим экономическую безопасность. Для дальнейшей работы с ними они сразу были представлены в едином коэффициентном виде, например, 77% в виде 0,77 и так по всем значениям показателей. Данные по ключевым показателям представлены в таблице 1.

Таблица 1

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ЭБ (Y)	18.78	18.66	18.49	17.62	18.81	18.29	19.32
Доля инвестиций к ВРП (X1)	0.21	0.25	0.161	0.15	0.173	0.305	0.296
Объём ВРП на душу населения (X2)	0.416	0.425	0.3519	0.3481	0.3297	0.381	0.368
Доля иностранных инвестиций в общем объёме инвестиций в основной капитал (X3)	0.621	0.599	0.568	0.521	0.566	0.666	0.599
Степень износа основных фондов промышленных предприятий (X4)	0.495	0.5	0.497	0.441	0.446	0.546	0.489
Доля занятых на малых предприятиях (X5)	0.224	0.201	0.155	0.151	0.161	0.228	0.301

Для расчёта коэффициентов регрессионного уравнения необходимо определить вектор регрессии путём применения метода наименьших квадратов (далее – МНК).

МНК позволяет найти такие значения коэффициентов, что сумма квадратов отклонений будет минимальной. Для нахождения коэффициентов решается система нормальных уравнений либо построение вектора коэффициентов.

Общий матричный вид уравнения нахождения вектора коэффициентов можно записать в виде:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y;$$

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} = \left( \begin{pmatrix} x_{01} & x_{02} & \dots & x_{0N} \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{k1} & x_{k2} & \dots & x_{kN} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{01} & x_{11} & \dots & x_{k1} \\ x_{02} & x_{12} & \dots & x_{k2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{0N} & x_{1N} & \dots & x_{kN} \end{pmatrix} \right)^{-1} \begin{pmatrix} x_{01} & x_{02} & \dots & x_{0N} \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{k1} & x_{k2} & \dots & x_{kN} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $X^T$  – транспонированная матрица исходных значений;

$X, Y$  – исходные данные;

$B$  – искомые коэффициенты уравнения регрессии.

После подстановки соответствующих матриц в уравнение 1 получаем вектор коэффициентов  $a, b$ , из которого составляем итоговое уравнение регрессии, на основе которого осуществляется прогноз значений:

$$Y = 16.5136 - 4.9271X_1 - 1.0244X_2 + 6.7634X_3 - 5.0906X_4 + 9.8873X_5. \quad (2)$$

Исходя из рассчитанных коэффициентов можем составить уравнение регрессии (оценка уравнения регрессии):  $Y = 0 + 1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 1X_4 + 1X_5$ .

В результате расчетов было получено уравнение множественной регрессии:  $Y = 16.5136 - 4.9271X_1 - 1.0244X_2 + 6.7634X_3 - 5.0906X_4 + 9.8873X_5$ . Возможна экономическая интерпретация параметров модели: увеличение  $X_1$  на 1 ед.изм. приводит к уменьшению  $Y$  в среднем на 4.927 ед.изм.; увеличение  $X_2$  на 1 ед.изм. приводит к уменьшению  $Y$  в среднем на 1.024 ед.изм.; увеличение  $X_3$  на 1 ед.изм. приводит к увеличению  $Y$  в среднем на 6.763 ед.изм.; увеличение  $X_4$  на 1 ед.изм. приводит к уменьшению  $Y$  в среднем на 5.091 ед.изм.; увеличение  $X_5$  на 1 ед.изм. приводит к увеличению  $Y$  в среднем на 9.887 ед.изм. Статистическая значимость уравнения проверена с помощью критерия Фишера. Установлено, что в исследуемой ситуации 54.36% общей вариабельности  $Y$  объясняется изменением факторов  $X_j$ . Установлено также, что параметры модели статистически значимы.

### Результаты

Теперь, основываясь на построенном уравнении, необходимо провести анализ и спрогнозировать экономическую безопасность на 2019-2025 годы. Значения для подстановки в полученное уравнение берутся по каждому из показателей как среднее значение всех данных. После этого полученные средние данные за предыдущие года подставляются в уравнение множественной регрессии.

В таблице 2 представлены полученные средние значения по показателям  $X_1 - X_5$  и полученный результат после подстановки в уравнение регрессии.

Таблица 2

Год	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ЭБ (Y)	18.76	18.871	18.95	18.88	18.903	18.951
Доля инвестиций к ВРП (X1)	0.258	0.286	0.28	0.275	0.28	0.28
Объём ВРП на душу населения (X2)	0.3596	0.3595	0.3624	0.3605	0.361	0.361
Доля иностранных инвестиций в общем объёме инвестиций в основной капитал (X3)	0.6103	0.6251	0.6115	0.616	0.617	0.615
Степень износа основных фондов промышленных предприятий (X4)	0.494	0.5097	0.4976	0.5	0.502	0.49
Доля занятых на малых предприятиях (X5)	0.23	0.253	0.2613	0.25	0.255	0.255

Для более наглядного представления значений прогнозирования относительно имеющихся значений необходимо составить график изменения экономической безопасности за отрезок времени с 2013 по 2025 годы. Построение графика было произведено в среде Microsoft Office Excel 2016, где также можно прогнозировать значения на последующие временные отрезки, представлены на рисунке 1.

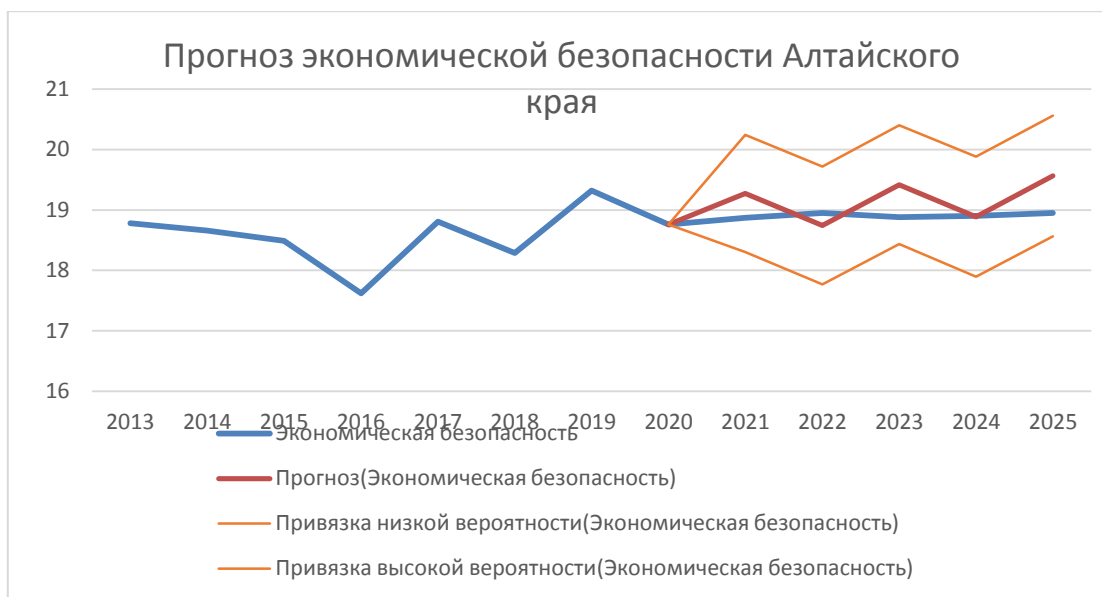


Рис. 1 – Прогнозирование экономической безопасности на материалах Алтайского края

На рисунке 1 одним цветом представлены значения и прогнозирования основываясь на построенном множественном регрессионном уравнение, а другим программный прогноз с привязкой низкой и высокой вероятности. Можно сделать вывод, что значения очень близки, значения, полученные с помощью математической модели, входят в пределы вероятности программного прогнозирования. Тем самым, основываясь на полученных значениях, можно утверждать, что модель построена правильно и имеет место быть для расчёта экономической безопасности уровня экономической безопасности как региона, так и для государства в целом.

### Результаты

В ходе работы было составлено уравнение множественной линейной регрессии при помощи метода наименьших квадратов. Уравнение было проверено на адекватность и значимость коэффициентов регрессии.

На основе полученной математической модели было проведено прогнозирование экономической безопасности на основе имеющихся данных. Также был построен график для наглядного представления изменения результатов до и после прогнозирования.

### Список литературы

1. Арбатов, А.А. Экономическая безопасность России: Общий курс: учебник / В.К. Сенчагов, А.А. Арбатов, А.А. Ведев; Под ред. В.К. Сенчагова. — М.: БИНОМ. ЛЗ, 2018. - 815 с.
2. Бабешко, Л.О. Прогнозирование финансово-экономических показателей по разнородным данным / Л.О. Бабешко, В.А. Бывшев. - М.: Русайнс, 2016. - 560 с.

УДК 004.4

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА  
МЕДИЦИНСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ЗДРАВПУНКТА  
РУБЦОВСКОГО ФИЛИАЛА АО «АЛТАЙВАГОН»**

А.С. Шевченко<sup>1</sup>, Н.С. Иванов<sup>2</sup>

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

*Рубцовский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный  
университет»*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается разработка информационной системы учета медицинской деятельности для здравпункта Рубцовского филиала АО «Алтайвагон». Система разрабатывалась на платформе «1С: Предприятие 8.3». Описаны объект, предмет, цель и задачи исследования. Приведена сравнительная характеристика готовых программных продуктов. Разработанная информационная система содержит три подсистемы: «Кадры», «Лекарства» и «Прием пациентов». Информационная система позволит повысить эффективность работы сотрудников здравпункта, сократить время на обработку и получение оперативных данных, а также получение первичной информации в электронном виде, повысить степень достоверности обрабатываемой информации, своевременно производить необходимые отчеты, исключить появление ошибок.

**Ключевые слова:** проектирование, информационная система, платформа «1С: Предприятие 8.3», кадровый учет, учет лекарств.

**DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE RECORDING  
OF MEDICAL ACTIVITIES FOR THE HEALTH CENTER OF THE  
RUBTSOV BRANCH «ALTAYVAGON»**

A.S. Shevchenko<sup>1</sup>, N.S. Ivanov<sup>2</sup>

*Rubtsovsk industrial institute (branch) of Altai State Technical University named  
after I. I. Polzunova*

*Rubtsovsk institute (branch) of Altai State University*

**Annotation.** This article discusses the development of an information system for recording medical activity for the health center of the Rubtsovsk branch «Altayvagon». The system was developed on the 1C: Enterprise 8.3 platform. The object, subject, purpose and objectives of the study are described. The comparative characteristic of finished software products is given. The developed information system contains three subsystems: «Personnel», «Medicines» and «Patient Admission». The information system will improve the efficiency of the health center employees, reduce the time for processing and obtaining operational data, as well as obtain primary information in electronic form, increase the reliability of the information being processed, timely produce the necessary reports, and eliminate errors.

**Key words:** design, information system, 1C: Enterprise 8.3 platform, personnel records, drug accounting.

Здравпункт на предприятии – это наиболее рациональное решение множества проблем, возникающих у администрации предприятия (организации) в областях охраны здоровья сотрудников, сокращения трудопотерь, систематизации учета предварительных при приеме на работу и



периодических медицинских осмотров, грамотной организации предрейсовых и послерейсовых медицинских осмотров водителей транспортных средств, учета наличия и своевременного оформления личных медицинских книжек сотрудников, оказания при необходимости неотложной медицинской помощи, других медицинских вопросов.

Объем профессиональных знаний, необходимых для успешной практической работы фельдшера, значителен. Сейчас же он увеличился многократно и продолжает постоянно расти. Поэтому актуальность усиления информационной поддержки профессиональной врачебной деятельности в здравпунктах на предприятии в целом обусловлена не только потребностью в повышении качества оказываемой медицинской помощи сотрудникам, но и необходимостью автоматизации рабочего места фельдшеров.

Не стал исключением здравпункт Рубцовского филиала АО «Алтайвагон», деятельность которого до сих пор не автоматизирована, вся информация ведется и обрабатывается вручную, а это влечёт за собой снижение эффективности работы фельдшеров.

Поэтому, применяя современные средства автоматизации, деятельность здравпункта Рубцовского филиала АО «Алтайвагон» можно будет вывести на новый уровень, сделать работу фельдшеров более эффективной и менее трудозатратной. В связи с этим было принято решение о создании информационной системы, которая позволит фельдшерам не только существенно сократить время работы с множеством рутинных операций, но и автоматизировать процесс учета медицинской деятельности.

Объектом исследования является здравпункт Рубцовского филиала АО «Алтайвагон».

Предметом исследования работы является учет медицинской деятельности здравпункта Рубцовского филиала АО «Алтайвагон».

Целью исследования является разработка информационной системы учета медицинской деятельности здравпункта Рубцовского филиала АО «Алтайвагон».

Методы, используемые при написании работы: системный анализ, моделирование предметной области с помощью методологии IDEF0.

Акционерное общество «Алтайвагон» – ведущее предприятие в России и Сибири по производству железнодорожного грузового подвижного состава. С 1941 года компания накопила богатую историю развития, а также опыт работы с различными партнерами в России и за рубежом. Развитие компании направлено на совершенствование производственных линий и выпуск продукции, обладающих характеристиками инноваций.

Здравпункт является неотъемлемой частью производства. Главная задача сотрудников здравпункта – это обеспечение безопасности здоровья, сокращение трудовых потерь, медицинский осмотр водителей перед рейсами, оказание, при необходимости неотложной медицинской помощи.

Основными функциями здравпункта является:

- оказание первой неотложной медицинской помощи при травмах, несчастных случаях, острых состояниях и заболеваниях;
- доврачебный/врачебный прием при жалобах на ухудшение самочувствия работников при острых заболеваниях и при обострении хронических заболеваний;
- освидетельствование на наличие алкогольного, наркотического или медикаментозного опьянения у сотрудников;
- предрейсовые и послерейсовые осмотры водителей транспортных средств;
- оздоровительные и лечебно-профилактические мероприятия для работника по назначению лечащего врача без отрыва от производства, вакцинация;
- внедрение программ реабилитационно-восстановительного лечения при основных производственно-обусловленных и профессиональных заболеваниях;
- учет прохождения периодического медосмотра сотрудников предприятия;
- учет своевременного прохождения мед. комиссии работниками предприятия;
- учет выполненных рекомендаций по лечению и дообследованию работников после проведения медосмотров;
- учет санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий;
- санитарно-просветительская работа, осуществление мероприятий по формированию здорового образа жизни работников.

На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма IDEF0 AS-IS [1] «Медицинская деятельность здравпункта Рубцовского филиала АО «Алтайвагон». Вся информации фиксируется и обрабатывается вручную, отсутствует единая база данных, которая позволила бы сократить время для доступа к данным и их обработку. Фельдшера перегружены бумажной работой.

Выполнив обзор и сравнительную характеристику готовых программных продуктов (таблица 1), можно сделать вывод о том, что готового решения, которое бы устраивало сотрудников здравпункта, не нашлось, ввиду большой стоимости данных программных продуктов и неполноценности программного обеспечения [2-4]. В связи с этим принято решение о разработке собственной информационной системы.

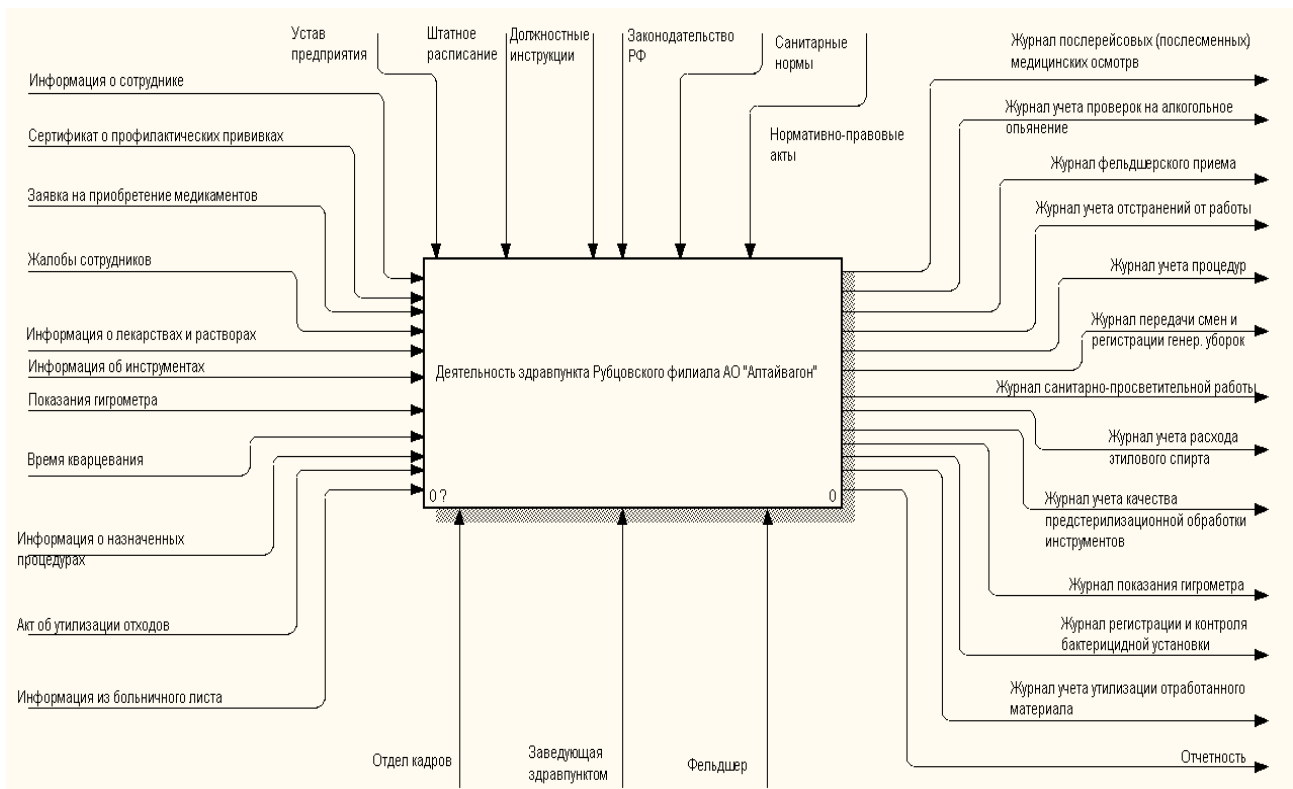


Рис. 1 – Контекстная диаграмма IDEF0 AS-IS «Медицинская деятельность здравпункта Рубцовского филиала АО «Алтайвагон»»

Таблица 1 – Сравнительная характеристика готовых решений

Наименование	«1С:Медицина. Больница»	«1С:Медицина. Больничная аптека»	«1С:Медицина. Поликлиника»
Лицензия	Платная	Платная	Платная
Исходный код	Закрытый	Закрытый	Закрытый
СУБД	Собственная	Собственная	Собственная
Операционная система	Windows 7 и выше	Windows 7 и выше	Windows 7 и выше
Требует установки на сервере	Да	Да	Да
Языки программирования	Объектно-ориентированный язык платформы 1С	Объектно-ориентированный язык платформы 1С	Объектно-ориентированный язык платформы 1С
Модульность	Нет	Поддерживает	Поддерживает
Архитектура	Клиент	Клиент-сервер	Клиент-сервер
Стоимость ПО	88600 р.	80000 р.	70000 р.

При проектировании информационной системы использовались [5]:

- «BProWin» – инструмент системного анализа [6];
- «1С Предприятие» – программный продукт компании «1С» [7], предназначенный для автоматизации деятельности на предприятии, а также

файловая СУБД – система управления базами данных, которую поддерживает платформа 1С.

Разрабатываемая информационная система предназначена для:

- ведения справочников;
- учета лекарственных средств, сотрудников, профилактических прививок у сотрудников;
- ведения журнала обращений за медицинской помощью;
- ведения журнала предрейсового осмотра водителей;
- ведения медицинских журналов;
- формирования заявки на приобретение лекарственных средств.

Для начала работы необходимо авторизоваться в системе. После успешной авторизации на экране появляется главная форма приложения, которая состоит из 3 пунктов: «Кадры», «Лекарства», «Прием пациентов» (рисунок 2).

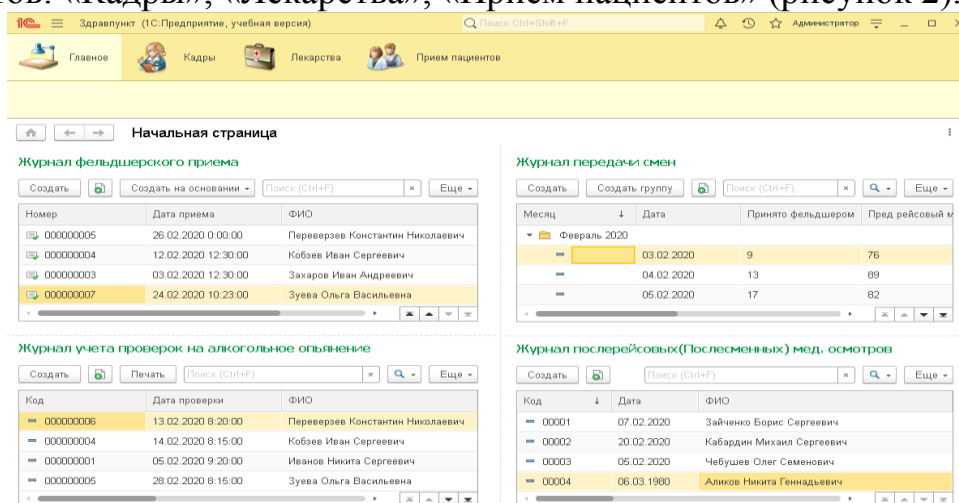


Рис. 2 – Главная форма приложения

Для быстрого доступа к наиболее часто используемым журналам на главной форме добавлено четыре документа: «Журнал фельдшерского приема», «Журнал учета проверок на алкогольное опьянение», «Журнал передачи смен», «Журнал послерейсовых (послесменных) медицинских осмотров».


Пункт меню «Кадры» содержит разделы «Справочник подразделений», «Справочник должностей», «Сотрудники», «Журнал передачи смен», «Журнал регистрации генеральных уборок», «Журнал санитарно-просветительной работы», «Журнал учета отстранений от работы».

Окно для редактирования или добавления данных о сотруднике (рисунок 3) содержит вкладки: «Личные данные», «Образование», «Трудовая деятельность», «Семейное положение», «Освобождение от работы (заболевания)».

☆ Захаров Иван Андреевич (Сотрудники) 🔗 ⋮ □ ×

Записать и закрыть
Записать
Печать
Создать на основании ▾
Еще ▾

Фото



ФИО: Захаров Иван Андреевич Табельный номер:

Пол:  Мужской  Женский

Год рождения:  📅

СНИЛС:

ИНН:

Подразделение:  ▾ 📄

Должность:  ▾ 📄

Личные данные Образование Трудовая деятельность Семейное положение Освобождение от работы(заболевания)

**Адреса и телефоны**

Мобильный телефон:

Домашний телефон:

Рабочий телефон:

Место рождения:

Адрес по прописке:

Адрес проживания:

Гражданство:  Гражданство страны  Нет гражданства

**Документ удостоверяющий личность**

Вид документа:

Серия:  Номер:

Кем выдан:  Дата выдачи:  📅 Код подразделения:

Рис. 3 – Форма редактирования раздела «Сотрудники»

Пункт меню «Лекарства» позволяет получить доступ к разделам: «Лекарства», «Заявка на приобретение медикаментов», «Сертификат о профилактических прививках», «Журнал показания гигрометра», «Журнал регистрации и контроля бактерицидной установки», «Журнал учета качества предстерилизационной обработки инструмента», «Журнал учета расхода этилового спирта», «Журнал учета утилизации отработанного материала», «Журнал учета больничных листов», «Справочник растворов», «Справочник инструментов», «Расшифровка кода».

Раздел «Лекарства» содержит информацию обо всех медицинских препаратах в здравпункте. Для удобства сотрудника препараты разделены на фармакологические группы.

Раздел «Заявка на приобретение медикаментов» позволяет получить доступ к форме заявки на приобретение медикаментов (рисунок 4). Более того, данную заявку можно распечатать.

Заявка на приобретение медикаментов 000000001 от 21.02.2020 13:...

Провести и закрыть    Записать    Провести    Печать    Еще -

Номер: 000000001

Дата: 21.02.2020 13:00:00

Наименование заявки: Пополнение медикаментов

Добавить    Поиск (Ctrl+F)    Еще -

N	Наименование лекарства	Ед изм	Кол-во
1	Сальбутамол, аэрозоль	шт.	2
2	Бинты: 5 м x 10 см, 5 м x 7 см (стерильные, нестерильные)	шт.	10
3	Лейкопластырь 1 x 500 или 2 x 500 или 1 x 250	шт.	30
4	Димедрол, ампулы по 1 мл 1% р-ра	шт.	5
5	Феназепам, таблетки по 0,001	уп.	10
6	Нашатырный спирт, во флаконах по 30 мл или в ампулах по 1мл.	шт.	2
7	Спирт этиловый, 96 градусов	л	2
8	Перекись водорода, во флаконах (пергидроль в таблетках)	шт.	5

Рис. 4 – Форма раздела «Заявка на приобретение медикаментов»

Раздел «Сертификат о профилактических прививках» содержит сведения о профилактических прививках, внесенных в сертификат медицинскими работниками лечебно-профилактических учреждений. Форма редактирования раздела (рисунок 5) содержит 10 вкладок: «Перенесенные инфекционные заболевания», «Прививки против гепатита В», «Реакция манту», «Прививка против туберкулеза», «Прививка против полиомиелита», «Дифтерия, коклюш, столбняк», «Прививки против кори», «Прививки против эпидемического паротита», «Прививки против гриппа», «Прививки против краснухи».

Раздел «Журнал учета больничных листов» представлен на рисунке 6.

ФИО: Иванов Никита Сергеевич (Сертификат о профилактических прививках)

Записать и закрыть    Записать    Еще -

Код: 000000003

ФИО: Иванов Никита Сергеевич

Дата рождения: 15.11.1996

Домашний адрес: Алтайская 189

Дата выдачи: 12.07.2017

Перенесен...    Прививки ...    Реакция м...    Прививка ...    Прививки ...    Дифтерия, ...    Прививки ...    Прививки ...    Прививки ...    Прививки ...

Перенесенные инфекционные заболевания

Добавить    Поиск (Ctrl+F)    Еще -

Дата	Наименование заболевания	Наименование учреждения
07.08.2003	ОРВИ	МУЗ ДГБ
14.10.2005	Грипп	МУЗ ДГБ
05.12.2006	Хромомикоз	МУЗ ДГБ

Рис. 5 – Форма редактирования раздела «Сертификат о профилактических прививках»

Наименование	Больничные листы(кол-во бланков)	Число дней нетрудоспособности	Простудные заболевания(кол-во бланков)	Иные заболевания(кол-во бланков)	Производственная травма(кол-во бланков)
февраль 2020					
АТУ	11	123	10	1	
АХС	2	35	1	1	
БУК	1	9		1	
Бухгалт.					
Гр. сбыта					
ЖДУ	1	30		1	
Злункт					
ЛНК					
ЛЦ-1	35	140	33		
ЛЦ-2	53	200	50	1	
Мед. цех					
ОАСУТП					
ОГМет	9	87	6		
ОГМетр					
ОГМех	1	26		1	
ОГТ	2	19	2		
ОГЭ	1	25			
СИТ					
ОМТС					
ООтиЗ	1	30		1	

Рис. 6 – Форма раздела «Журнал учета больничных листов»

Пункт меню «Прием пациентов» позволяет получить доступ к разделам: «Журнал фельдшерского приема», «Журнал учета процедур», «Журнал послерейсовых (послесменных) мед. осмотров», «Журнал учета на алкогольное опьянение».

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучена деятельность здравпункта Рубцовского филиала АО «Алтайвагон»;
- построена модель предметной области;
- выполнен обзор программных продуктов;
- разработана информационная система учета медицинской деятельности здравпункта Рубцовского филиала АО «Алтайвагон».

#### Список литературы

1. Долганова, О.И. Моделирование бизнес-процессов: учебник и практикум для вузов / О. И. Долганова, Е. В. Виноградова, А. М. Лобанова; под редакцией О. И. Долгановой. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 289 с.

2. 1С: Предприятие 8.Больница [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://is1c.ru/products/otraslevye-resheniya-1c/zdravookhranenie-i-medsina/1c-medsina-bolnitsa>. – Загл. с экрана.

3. 1С: Предприятие 8.Больничная аптека [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://is1c.ru/products/otraslevye-resheniya-1c/zdravookhranenie-i-medsina/1c-medsina-bolnichnaya-apteka>. – Загл. с экрана.

4. 1С: Предприятие 8.Поликлиника [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://is1c.ru/products/otraslevye-resheniya-1c/zdravookhranenie-i-medsina/1c-medsina-poliklinika>. – Загл. с экрана.

5. Чистов, Д. В. Проектирование информационных систем: учебное пособие / Д.В. Чистов. – М.: Юрайт, 2019. – 258 с.

6. Лаврищева, Е. М. Программная инженерия. Парадигмы, технологии и CASE-средства: учебник для вузов / Е. М. Лаврищева. – 2-е изд., испр. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 280 с.

7. Дадян, Э.Г. Программирование в 1С: Предприятие 8.3 / Э.Г. Дадян. – М.: Юрайт, 2017. – 418 с.

**УДК 004.91, 004.432**

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ СУБЪЕКТОВ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

И.Б. Шульман, Е.А. Вольных

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** В статье рассматривается разработка веб-приложения для информирования обучающихся и преподавателей; возможность повышения интерактивности веб-приложений колледжей. Выполняется расчет оптимального распределения аудиторий между преподавателями при составлении расписания.

**Ключевые слова:** разработка web-приложений, веб-приложения для колледжа, информационные технологии в образовательном процессе, расписание, распределение аудиторий.

## **DEVELOPMENT OF AN INTERNET APPLICATION TO INFORM THE SUBJECTS OF THE EDUCATIONAL PROCESS**

I.B. Shulman, E.A. Volnykh

*Rubtsovsk Industrial Institute Altai State Technical University named after I.I. Polzunov*

**Abstract.** The article discusses the development of a web application for informing students and teachers. The possibility of increasing the interactivity of college web applications is considered. The calculation of the optimal distribution of audiences between teachers is performed when scheduling.

**Keywords:** web-applications development, college web-applications, information technologies in the educational process. schedule, audience distribution.

### **Введение**

Субъект — это активный участник учебного процесса, и тогда учебный процесс представляет собой взаимодействие преподавателя как субъекта и учащегося тоже как субъекта этого взаимодействия.

Характеризуя субъектов педагогической и учебной деятельности, необходимо прежде всего отметить, что каждый педагог и ученик, представляя собой общественный субъект (педагогическое сообщество или ученичество), вместе являются совокупным субъектом всего образовательного процесса [1].

В стремлении поддерживать инновационное развитие и технологический прогресс, учебные заведения стараются внедрить автоматизацию в свои учебные процессы, в том числе и в процессы ведения расписания.

Вместе с тем, наравне с желанием идти в ногу со временем, учебные заведения должны соответствовать требованиям ФГОС, согласно которым



организации обязаны информировать участников учебного процесса об актуальном расписании. Исходя из этого возникла необходимость разработать сетевое приложение, которое позволило бы сотруднику учебного заведения выполнять вышеизложенные требования по информированию обучающихся.

Целью данной работы является частичная автоматизация работы заведующего учебной частью по формированию расписания занятий, его публикации и редактирования, а также публикации актуальной информации для обучающихся и сотрудников.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. изучить деятельность образовательного учреждения;
2. изучить процессы взаимосвязи данных о занятиях, аудиторном фонде, учебных группах и способы формирования расписания;
3. разработать и описать алгоритм решения задачи;
4. разработать и организовать ведение БД об учебных группах и их расписании;
5. разработать сайт и отладить на контрольном примере;
6. оформить документацию.

Составление расписания учебных занятий является одной из самых сложных задач автоматизации учебного процесса. Заведующий учебной частью должен выделить преподавателям аудитории оптимальным образом, учитывая специфику преподаваемых предметов.

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы было принято решение выполнить задачу о распределении учебных аудиторий между преподавателями.

### **Методика решения**

Данная задача носит название «задача о назначениях» и является частным случаем более общей транспортной задачи. Если число исполнителей равно числу выполняемых работ, то такая задача является сбалансированной, в противном случае - несбалансированной. В случае сбалансированной задачи о назначениях выполняются два условия: каждый исполнитель выполняет только одну работу, и каждая работа выполняется только одним исполнителем.

В общем случае задачи о назначениях имеется  $n$  исполнителей:  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ , которые могут выполнять  $n$  работ. Известна полезность (производительность, прибыль) или затраты  $c_{ij}$  от выполнения  $i$ -м исполнителем  $j$ -й работы. Требуется так назначить исполнителей на работы, чтобы добиться максимальной полезности [2].

Составим математическую модель задачи о назначениях.

Введем переменные  $x_{ij}$  – факт назначения  $j$ -го исполнителя на  $j$ -ю работу  $x_{ij} = 1$ , если назначается, и  $x_{ij} = 0$ , если не назначается.

Условие, что один кандидат выполняет только одну работу, запишем:

$$\sum x_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n, x_{ij} \geq 0, \text{ целые} \quad (1)$$

Условие о том, что каждая работа может выполняться только 1 кандидатом:

$$\sum x_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, n, x_{ij} \geq 0, \text{ целые} \quad (2)$$

Матрицу (3) будем называть матрицей назначений.

$$\begin{matrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{matrix} \quad (3)$$

Цель задачи о назначениях – добиться максимальной полезности или минимальных затрат при назначении исполнителей на работы, следовательно, целевая функция будет иметь вид

$$F = \sum \sum c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max \quad (4)$$

Составим систему ограничений, в случае, когда число исполнителей равно количеству работ.

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} = 1, \\ x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} = 1 \\ \dots \\ x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nn} = 1 \end{cases} \quad (5)$$

Элементы матрицы называются независимыми, если никакие два из них не лежат на одной линии (строке, столбце).

Таким образом, задача сводится к определению  $n$  независимых элементов матрицы полезности (затрат), так чтобы сумма их была максимальной (минимальной). Места расположения этих элементов определяют оптимальное решение.

Учитывая специфику задачи, разработали специальные алгоритмы ее решения. Одним из них, наиболее эффективным является венгерский метод.

Венгерский алгоритм решения задачи о назначениях состоит из подготовительного этапа и не более чем  $2n$  последовательно повторяющихся итераций. На подготовительном этапе получают матрицу стоимости  $C$ , которая эквивалентна матрице стоимости рассматриваемой задачи о назначениях и которая содержит первоначальную систему независимых нулей. В каждой итерации число независимых нулей увеличивается не менее чем на единицу. Для завершения процесса решения задачи через конечное число итераций система независимых нулей будет состоять из  $n$  элементов [4].

### Результаты решения

Рассмотрим применение венгерского метода на поставленной в работе задаче.

Секретарю учебной части необходимо распределить преподавателей по кабинетам. Для этого каждый преподаватель указывает, какой кабинет для него предпочтительнее (см. табл. 1) по следующей системе приоритетов:

1 приоритет (интервал 7-9) означает, что для преподавателя было бы наилучшим вариантом провести занятие в этом кабинете (самый лучший для преподавателя вариант);

2 приоритет (интервал 4-6) означает, что если нужный кабинет занят, то он может провести и в этом (не самый лучший, но и не самый плохой для преподавателя вариант);

3 приоритет (интервал 1-3) означает, что если нет других вариантов, то преподаватель согласен и на этот кабинет (самый худший вариант для преподавателя).

Цель прогнозирования: получить оптимальный план назначения аудиторий для преподавателей.

Таблица 1 – Приоритеты преподавателей

Ф.И.О. преподавателя	Кабинет				
	№11	№12	№13	№14	№15
Федосеева А.Н.	7	3	6	9	5
Кузьмина И.Л.	7	5	7	5	6
Зосимова Г.И.	7	6	8	8	9
Неведомый Д.В.	3	1	6	5	7
Радищева Н.Н.	2	4	9	9	5

В задаче о назначениях целевая функция представляет собой суммарную эффективность выполнения всеми работниками всех работ [2]. Составим целевую функцию.

Целевая функция:

$$F=7x_{11}+3x_{12}+6x_{13}+9x_{14}+5x_{15}+7x_{21}+5x_{22}+7x_{23}+5x_{24}+6x_{25}+7x_{31}+6x_{32}+8x_{33}+8x_{34}+9x_{35}+3x_{41}+1x_{42}+6x_{43}+5x_{44}+7x_{45}+2x_{51}+4x_{52}+9x_{53}+9x_{54}+5x_{55} \rightarrow \max \quad (6)$$

Исходная матрица имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 7 & 3 & 6 & 9 & 5 \\ 7 & 5 & 7 & 5 & 6 \\ 7 & 6 & 8 & 8 & 9 \\ 3 & 1 & 6 & 5 & 7 \\ 2 & 4 & 9 & 9 & 5 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Если задача решается на максимум (как в нашем случае), то в каждой строке матрицы необходимо найти максимальный элемент, его же вычесть из каждого элемента соответствующей строки, получим матрицу (8)

$$\begin{pmatrix} 7 & 3 & 6 & 9 & 5 \\ 7 & 5 & 7 & 5 & 6 \\ 7 & 6 & 8 & 8 & 9 \\ 3 & 1 & 6 & 5 & 7 \\ 2 & 4 & 9 & 9 & 5 \end{pmatrix} \left| \begin{matrix} 9 \\ 7 \\ 9 \\ 7 \\ 9 \end{matrix} \right. \quad \begin{pmatrix} -2 & -6 & -3 & 0 & -4 \\ 0 & -2 & 0 & -2 & -1 \\ -2 & -3 & -1 & -1 & 0 \\ -4 & -6 & -1 & -2 & 0 \\ -7 & -5 & 0 & 0 & -4 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Умножив матрицу на -1, получим (9):

$$\begin{pmatrix} 2 & 6 & 3 & 0 & 4 \\ 0 & 2 & 0 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 & 1 & 0 \\ 4 & 6 & 1 & 2 & 0 \\ 7 & 5 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Требуется получить нули в каждой строке и в каждом столбце. Для этого определим в каждой строке минимальный элемент (0), матрица не изменится, проведем аналогичную операцию по столбцам, получим (10):

$$\begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 4 & 4 & 1 & 2 & 0 \\ 7 & 3 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix} \quad (10)$$

Определим строки, в которых содержится ровно один ноль, выделим эти ноли и зачеркнем ноли в столбцах, в которых они находятся, получим (11):

$$\begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 & \mathbf{0} & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & \mathbf{0} \\ 4 & 4 & 1 & 2 & \emptyset \\ 7 & 3 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix} \quad (11)$$

Затем определим столбцы, содержащие один выделенный ноль, и вычеркнем остальные ноли из содержащих их столбцов:

$$\begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 & \mathbf{0} & 4 \\ \mathbf{\emptyset} & \mathbf{0} & \mathbf{\emptyset} & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & \mathbf{0} \\ 4 & 4 & 1 & 2 & \emptyset \\ 7 & 3 & \mathbf{0} & \emptyset & 4 \end{pmatrix} \quad (12)$$

Это не даёт оптимальной стратегии, так как остались строки с невыделенными нулями (строка 4).

Продолжаем решение дальше. Вычеркиваем строки и столбцы, которые содержат нулевые элементы. Количество вычеркиваний должно быть минимальным.

$$\begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 4 & 4 & 1 & 2 & 0 \\ 7 & 3 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix} \quad (13)$$

Среди оставшихся элементов ищем минимальный (1), вычитаем его из оставшихся элементов (которые не зачеркнуты) и прибавляем к элементам, которые расположены на пересечении вычеркнутых строк и столбцов

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 1 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 3 & 3 & 1 & 2 & 0 \\ 6 & 2 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix} \quad (14)$$

Определим строки, в которых содержится ровно один ноль, выделим эти ноли и зачеркнем ноли в столбцах, в которых они находятся, получим:

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & \mathbf{0} & 4 \\ 0 & 0 & 1 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & \emptyset \\ 3 & 3 & 1 & 2 & \mathbf{0} \\ 6 & 2 & \mathbf{0} & \emptyset & 4 \end{pmatrix} \quad (15)$$

Затем определим столбцы, содержащие один выделенный ноль, и вычеркнем остальные ноли из содержащих их столбцов:

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & \mathbf{0} & 4 \\ \mathbf{0} & \emptyset & 1 & 3 & 2 \\ 1 & \mathbf{0} & 1 & 1 & \emptyset \\ 3 & 3 & 1 & 2 & \mathbf{0} \\ 6 & 2 & \mathbf{0} & \emptyset & 4 \end{pmatrix} \quad (16)$$

Данный план является оптимальным, так как в каждой строке имеется выделенный ноль.

В результате вычислений получим план распределения аудиторий между преподавателями (см. табл. 2), который позволит оптимально использовать аудиторный фонд учреждения.

Таблица 2 – План распределения аудиторий

Федосеева А.Н.	Кабинет №14
Кузьмина И.Л.	Кабинет №11
Зосимова Т.И.	Кабинет №12
Неведомый Д.В.	Кабинет №15
Радищева Н.Н.	Кабинет №13

### Заключение

Используя сбалансированную форму «задачи о назначениях», когда число исполнителей равно числу выполняемых работ, можно оптимальным образом распределить между преподавателями аудитории, учитывая специфику преподаваемых предметов.

Разработанное веб-приложение полностью отвечает требованиям ФГОС, согласно которым учебные заведения обязаны информировать участников учебного процесса об актуальном расписании.

Помимо этого приложение имеет функцию публикации новостей и внутренних документов как через общие страницы для всех пользователей, так и через личные кабинеты преподавателей.

### Список литературы

1. Анисимов, Б.В. Применение ЭЦВМ для автоматизации процесса составления учебных планов и расписаний / Использование ЭВМ в организации и планировании учебного процесса. - М.: Высшая школа, 1972. - С. 121-142.
2. Галеев, Э.М. Оптимизация. Теория, примеры, задачи. Учебное пособие / Э.М. Галеев. - М.: Ленанд, 2015. - 344 с
3. Рейзлин, В. И. Математическое моделирование. Учебное пособие / В.И. Рейзлин. - М.: Юрайт, 2016. - 128 с.
4. Юдин, С.В. Математика и экономико-математические модели. Учебник / С.В. Юдин. - М.: Инфра-М, РИОР, 2016. - 376 с.

## СЕКЦИЯ 2. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

**Председатель секции: кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Техника и технологии машиностроения  
и пищевых производств» Гриценко Вячеслав Владимирович**

УДК 621.922.02

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЛИФОВАНИЯ МИКРОПОРИСТЫХ ПОКРЫТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

Н.С. Алексеев, В.А. Капорин, С.В. Иванов

*Рубцовский индустриальный институт*

*(филиал) федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** В статье приведена математическая модель для расчёта оптимальных элементов характеристики кругов и режимов резания при врезном шлифовании микропористых покрытий, состоящая из критерия оптимальности и технических ограничений. Выведено уравнение критерия оптимальности и в виде неравенств и уравнений представлены основные технические ограничения, используемые при решении задачи на ПЭВМ.

**Ключевые слова:** микропористые покрытия, абразивная обработка, шлифовальные круги, режимы резания, оптимизация, критерий оптимальности.

### DETERMINATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS FOR GRINDING MICROPOROUS COATINGS USING A COMPUTER

N.S. Alekseev, V.A. Kaporin, S.V. Ivanov

*Rubtsovsk Industrial Institute*

*(branch) of the federal government budget educational institution of higher  
education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunov"*

**Annotation.** The article presents a mathematical model for calculating the optimal elements of the characteristics of wheels and cutting modes for plunge grinding of microporous coatings, consisting of an optimality criterion and technical limitations. An equation for the optimality criterion has been derived, and in the form of inequalities and equations, the main technical constraints are presented thus used in solving the problem by a PC.

**Keywords:** microporous coatings, abrasive processing, grinding wheels, cutting modes, optimization, optimality criterion.

### Введение

В повышении эффективности ремонта тракторов, автомобилей, сельскохозяйственной техники и оборудования перерабатывающих отраслей АПК большое значение имеет вопрос качественного восстановления изношенных деталей.

Восстановление изношенных деталей – сложный организационно-технологический процесс, при котором в отличие от производства новых деталей в качестве заготовки используют изношенную, но уже сформированную деталь. В этом случае затраты на выполнение таких

операций, как литьё, ковка, штамповка и т.п., отсутствуют. В то же время при восстановлении изношенных деталей появляется ряд дополнительных операций: мойка, разборка, дефектация, комплектация, затраты на которые следует учитывать при выборе способа восстановления.

Наибольшее распространение в последние годы при восстановлении валов сельскохозяйственной техники получили различные способы газотермического напыления порошковых покрытий на никелевой основе: электродуговая металлизация, газопламенное, детонационное и плазменное напыление [1-3].

Использование присадочных порошковых материалов для восстановления изношенных деталей позволяет регулировать в широком диапазоне не только эксплуатационные свойства металлопокрытия (твёрдость, износостойкость), но и плотность покрытий, что создаст новые возможности смазки поверхностей скольжения и увеличит срок службы восстановленных деталей [3].

Вместе с тем, обладая высокими эксплуатационными свойствами, рассматриваемые покрытия относятся к категории труднообрабатываемых [3].

Для окончательной размерной обработки покрытий обычно используется круглое врезное шлифование, позволяющее получать поверхности высокого качества [4]. Одним из основных направлений совершенствования шлифовальных операций является оптимизация процесса шлифования. Неотъемлемой частью задачи оптимизации является математическая модель процесса абразивной обработки [5].

#### **Методика экспериментального исследования**

Для разработки математической модели необходимо прежде всего выбрать параметры режущего инструмента и режимы его эксплуатации, а также показатели (критерии) работоспособности шлифовальных кругов (ШК). Для круглого врезного шлифования режим резания и характеристика кругов определяются следующими параметрами [6]: скоростью резания  $V_p$ , м/с; скоростью вращения детали  $V_d$ , м/мин; скоростью радиальной подачи  $S_{rad}$ , мм/мин; размером зернистости абразивного инструмента (АИ)  $N_3$ , мкм и степенью его твердости  $N_T$ , оцениваемой глубиной лунки, мм.

Процесс круглого врезного шлифования прежде всего управляется силой (посредством скорости радиальной подачи  $S_{rad}$ ), а также сильно зависит от скорости резания  $V_p$ . Исходя из этих принципов был разработан [7-9] комплекс показателей работоспособности АИ, отражающих специфику процесса врезного шлифования, включающего в себя: стойкость кругов  $T$ , мин; удельную производительность  $q$ , мм<sup>3</sup>/мм<sup>3</sup>; радиальную  $P_y$  и тангенциальную  $P_z$  составляющие силы резания,  $H$ ; коэффициент режущей способности  $K_p$ , мм<sup>3</sup>/мин·Н; удельную мощность шлифования  $N_{уд}$ , Вт·мин/мм<sup>3</sup> и высоту микронеровностей (шероховатость) по параметру Ra, мкм.

Исследовались круги из электрокорунда белого 24А 6-й структуры на керамической связке, которые показали наилучшие результаты при шлифовании микропористых покрытий [4,10,11]. Подробная методика исследований приведена в работах [7-9].

## Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение

Для решения задачи оптимизации операции круглого врезного шлифования покрытий в работах [7-9] были получены зависимости показателей режущей способности ШК от элементов их характеристики ( $N_z$ ,  $N_T$ ) и режима шлифования ( $V_p$ ,  $V_\delta$ ,  $S_{rad}$ ):

$$P_z = 45,71 - 0,88V_p + 442,55 S_{rad} - 6,12N_m, \quad (1)$$

$$P_y = 3,44 - 0,75V_\delta + 763,02 S_{rad} - 0,04N_z, \quad (2)$$

$$Ra = 0,28 - 0,5 \cdot 10^{-2} V_p + 0,34 S_{rad} + 0,1 \cdot 10^{-3} N_z, \quad (3)$$

$$q = 5,82 - 0,03V_p + 0,01V_\delta - 0,5 \cdot 10^{-2} N_z + 0,14N_m, \quad (4)$$

$$K_p = 24,31 - 0,23V_p + 0,18V_\delta - 67,4 S_{rad} + 2,34N_T, \quad (5)$$

$$N_{y\delta} = 13,19 + 0,72V_p - 0,15V_\delta - 0,12N_z, \quad (6)$$

$$T = 4,24 - 0,03V_p + 0,01 V_\delta - 8,72 S_{rad} - 0,4 \cdot 10^{-3} N_z + 0,31N_m, \quad (7)$$

В качестве оценочной функции при определении оптимальных элементов характеристики кругов и режима резания принята стойкость кругов  $T$ . На остальные показатели процесса с учётом производственных условий наложены следующие технические ограничения:

$$P_z \leq \frac{102N\eta}{V_p}, \text{ где } N=6,3 \text{ кВт} - \text{ мощность электродвигателя привода круга}$$

на круглошлифовальном станке;  $\eta = 0,92$  – КПД передачи.

$P_y \leq J \cdot \delta$ , где  $J = 6400$  Н/мм – жесткость системы СПИД круглошлифовального станка;  $\delta = 0,02$  мм – допуск на погрешность формы обработанных поверхностей.

$$Ra \leq Ra_{\text{дон}}, \text{ где } Ra_{\text{дон}} = 0,40 \text{ мкм} - \text{ заданная шероховатость.}$$

$$q \leq q_{\text{дон}}, \text{ где } q_{\text{дон}} = 4,5 \text{ мм}^3/\text{мм}^3 - \text{ заданная удельная производительность.}$$

$K_p \leq K_{p\text{дон}}$ , где  $K_{p\text{дон}} = 20$  мм<sup>3</sup>/мин·Н – заданный коэффициент режущей способности.

$N_{y\delta} \leq N_{y\delta\text{дон}}$ , где  $N_{y\delta\text{дон}} = 30$  Вт·мин/мм<sup>3</sup> – заданная удельная мощность шлифования.

$V_p \leq V_{p\text{max}}$ ,  $V_p \geq V_{p\text{min}}$ , где  $V_{p\text{max}}$  и  $V_{p\text{min}}$  – максимальная и минимальная скорости резания на круглошлифовальном станке, м/с.

$V_\delta \leq V_{\delta\text{max}}$ ,  $V_\delta \geq V_{\delta\text{min}}$ , где  $V_{\delta\text{max}}$  и  $V_{\delta\text{min}}$  – максимальная и минимальная скорости вращения детали, м/мин.

$S_{rad} \leq S_{rad\text{max}}$ ,  $S_{rad} \geq S_{rad\text{min}}$ , где  $S_{rad\text{max}}$  и  $S_{rad\text{min}}$  – максимальная и минимальная скорости радиальной подачи, мм/мин.

$N_z \leq N_{z\text{max}}$ ,  $N_z \geq N_{z\text{min}}$ , где  $N_{z\text{max}}$  и  $N_{z\text{min}}$  – максимальный и минимальный размер зернистости шлифовальных кругов, мкм.

$N_T \leq N_{T\text{max}}$ ,  $N_T \geq N_{T\text{min}}$ , где  $N_{T\text{max}}$  и  $N_{T\text{min}}$  – максимальная и минимальная степень твёрдости шлифовальных кругов, выраженная глубиной лунки, мм.



Технические ограничения, система уравнений (1-6) и оценочная функция  $T \rightarrow \max$  (7) представляют собой математическую модель для определения оптимальных элементов характеристики кругов и режимов резания методом линейного программирования:

$$\begin{aligned}
 &45,71 - 0,88V_p + 442,55 S_{рад} - 6,12N_T \leq 50; \\
 &3,44 - 0,75V_\delta + 763,02 S_{рад} - 0,04N_z \leq 130; \\
 &0,28 - 0,5 \cdot 10^{-2}V_p + 0,34S_{рад} + 0,1 \cdot 10^{-3}N_z \leq 0,40; \\
 &5,82 - 0,03V_p + 0,01V_\delta - 0,5 \cdot 10^{-2}N_z + 0,14N_T \geq 4,5; \\
 &24,31 - 0,23V_p + 0,18V_\delta - 67,4 S_{рад} + 2,34N_T \geq 20; \\
 &13,19 + 0,72V_p - 0,15V_\delta - 0,12N_z \leq 30. \\
 &V_p \leq 50, V_p \geq 10; \\
 &V_\delta \leq 40, V_\delta \geq 10; \\
 &S_{рад} \leq 0,24, S_{рад} \geq 0,12; \\
 &N_z \leq 500, N_z \geq 160; \\
 &N_T \leq 4,55, N_T \geq 1,75;
 \end{aligned}$$

$$4,24 - 0,03V_p + 0,01 V_\delta - 8,72 S_{рад} - 0,4 \cdot 10^{-3}N_z + 0,31N_T \rightarrow \max.$$

После проверки совместности системы решение задачи было выполнено на ПЭВМ в MS Excel с помощью надстройки «Поиск решения». Результаты расчётов сведены в табл. 1.

Таблица 1

#### Результаты расчётов

Скорость резания $V_{P_{опт}}$ , м/с	Скорость вращения детали $V_{D_{опт}}$ , м/мин	Скорость радиальной подачи $S_{РАД_{опт}}$ , мм/мин	Размер зернистости $N_{3_{опт}}$ , мкм	Степень твердости $N_{T_{опт}}$ , мм
12,5	40	0,12	160	4,55

При шлифовании микропористых покрытий на никелевой основе на оптимальных параметрах, приведённых в таблице 1, можно ожидать максимальной стойкости кругов  $T_{max} = 12,84$  мин.

По ГОСТ Р 52381-2005 размеру зернистости, равной 160 мкм, соответствует обозначение F90, а по ГОСТ Р 52587-2006 степени твёрдости с глубиной лунки, равной 4,55 мм, соответствует среднемягкая твёрдость с обозначением L. Таким образом, для достижения максимальной стойкости при шлифовании микропористых покрытий на никелевой основе с твёрдостью до HRC 55 требуется использовать шлифовальный круг с характеристикой 24AF90L6V.

#### Заключение

Предлагаемая методика может применяться для определения оптимальных параметров при шлифовании микропористых покрытий различных восстанавливаемых деталей, например, шеек коленчатых и распределительных валов ДВС, шеек коленчатых валов компрессоров и др. Она позволяет

определить наиболее экономичный и одновременно высокопроизводительный режим шлифования деталей высокого качества по сравнению с обычным методом назначения параметров процесса абразивной обработки. Как известно, при обычном методе параметры процесса выбираются только исходя из одного ограничения, например, производительности, а не совокупности всех ограничивающих факторов, влияющих на показатели процесса шлифования. Этим в большой степени объясняется значительное расхождение различных рекомендаций по режимам шлифования микропористых покрытий и по выбору элементов характеристики ШК. Учёт совокупности факторов, влияющих на процесс, позволяет надёжно получить максимум по эффективности, качеству обработки и производительности.

#### Список литературы

1. Надежность и ремонт машин: Учебник / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
2. Батищев А.Н. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники / А.Н. Батищев, И.Г. Голубев, В.П. Лялякин. – М.: Информагротех, 1995. – 296 с.
3. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. М.: ГОСНИТИ, 2003. 488 с.
4. Алексеев Н.С. Абразивная черновая обработка микропористых покрытий восстановленных деталей. Автореф. дисс. канд. техн. наук. (05.20.03). Челябинск: ЧИМЭСХ, 1987. 20 с.
5. Корчак С.Н., Переверзев П.П., Буторин Г.И., Кошин А.А. Моделирование работоспособности кругов разных характеристик и методика выбора кругов и режимов в общемашиностроительных нормативах режимов шлифования // Параметрическая оптимизация условий эксплуатации абразивного инструмента при шлифовании (первый Всесоюз. науч.-техн. семинар). Тезисы докладов. Оптимшлифабразив-78. Челябинск: ЧПИ, 1978. С. 3-11.
6. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. М.: Машиностроение, 1974. 319 с.
7. Алексеев Н.С., Шашок А.В., Капорин В.А., Иванов С.В. Шероховатость поверхности при шлифовании микропористого покрытия//Ремонт, восстановление, модернизация, 2019, №9. с. 44-48.
8. Алексеев Н.С., Шашок А.В., Капорин В.А., Иванов С.В. Влияние условий обработки на эффективность шлифования микропористого покрытия//Вестник Башкирского государственного аграрного университета, 2019, №2. С. 89-94.
9. Иванов С.В., Алексеев Н.С., Капорин В.А. Влияние режимов шлифования и характеристик абразивного инструмента на составляющие силы резания микропористого покрытия восстановленной детали//Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019, №9 (179). С. 149-156.

10. Алексеев Н.С., Капорин В.А., Иванов С.В. Выбор материала круга при шлифовании плазменных покрытий// Труды ГОСНИТИ, том 117, 2014. С. 211-219.

11. Алексеев Н.С., Капорин В.А., Иванов С.В. Сравнительный анализ работоспособности кругов на керамической и бакелитовой связках//Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты), №2 (71), 2016. С. 21-27.

УДК 621.311.25; 621.311.18.018.782.3; 621.313.13

## АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД

А.Ш. Маджидов

*Национальный исследовательский университет "МЭИ" (Москва)*

**Аннотация.** Одной из основных задач электроэнергетики является повышение надёжности электроснабжения в системах собственных нужд электростанций и подстанций. Необходимо отметить, что основными потребителями системы собственных нужд электростанций и подстанций в настоящее время являются двигатели, служащие приводами механизмов различных назначений и мощностей. Для обеспечения безаварийной работы названных систем требуется проведение исследования переходных режимов их работы, возникающих при переключениях источников питания, коротком замыкании, пусках и переключениях двигателей. Поэтому расчётные методы должны обеспечивать точности расчётов и возможности безаварийного работы, требуемых практикой проектирования и эксплуатации электростанций и подстанций. Заметно, что исследование переходных процессов в системах собственных нужд электрических станций и подстанций, требуемое для повышения надёжности их работы, является актуальной задачей.

**Ключевые слова:** переходный процесс, система электроснабжения, собственные нужды, асинхронный двигатель, надёжность, самозапуск, короткое замыкание, длительность.

## ANALYSIS OF TRANSIENTS IN POWER SUPPLY SYSTEMS FOR THEIR AUXILIARY

Abdullo Majidov

*National research University "Moscow power engineering Institute" (Moscow)*

**Annotation.** One of the main tasks of the electric power industry is to increase the reliability of power supply in the systems of auxiliary of power plants and substations. It should be noted that the main consumer for the auxiliary of power plants and substations at present are engines that serve as drives for mechanisms of various purposes and capacities. To ensure trouble-free operation of these systems, it is necessary to study the transient modes of their operation that occur when switching power sources, short circuits, starting and switching engines. Therefore, calculation methods should ensure the accuracy of calculations and the possibility of trouble-free operation required by the practice of designing and operating power plants and substations. It is noticeable that the study of transients in the systems of auxiliary of power stations and substations, required to improve the reliability of their operation, is an urgent task.

**Keywords:** transient process, power supply system, auxiliary, asynchronous motor, reliability, self-start, short circuit, duration.

### Введение

Электроприемники собственных нужд станции и подстанции в подавляющем большинстве представляют собой электропривод рабочих машин и механизмов (насосы, вентиляторы, мельницы, подъемники и др.), который

потребляет до 90 % всей мощности собственных нужд, поэтому вопросы повышения надежности двигательной нагрузки в системе собственных нужд на электрических станциях с точки зрения анализа переходных процессов с использованием длительность перерыва питания актуальны.

Системы электроснабжения собственных нужд должны обеспечивать не только нормальную работу всех механизмов, включая пуск и остановку каждого двигателя в соответствии с технологической программой пуска и останова энергоблока, но и устойчивую работу всей многомашинной системы собственных нужд во время различных возмущений, таких как короткое замыкание в сети собственных нужд и на шинах станции, отказы в технологической части и ошибочные отключения рабочих источников питания.

Все эти возмущения приводят к кратковременным понижениям или полным исчезновениям напряжения на шинах и сборках собственных нужд. Длительность перерыва питания определяется временем срабатывания защиты  $t_3$ , отключения повреждения  $t_{откл}$  и временем включения резервного питания  $t_{АВР}$  [1].

При коротком замыкании на отходящих от секции собственных нужд присоединениях время перерыва питания определяется:

$$t_{п.п.} = t_3 + t_{откл} \approx 0,22 \div 0,3 \text{ с} \quad (1)$$

При коротком замыкании в цепи рабочего питания время перерыва питания определяется:

$$t_{п.п.} = t_3 + t_{откл} + t_{АВР} \approx 0,6 \div 0,9 \text{ с} \quad (2)$$

При отказе основной защиты и действия резервной защиты, время состоит:  $t_{п.п.} = 1,5 \div 2,2 \text{ с}$ . При коротком замыкании в распределительных устройствах высшего напряжения станции происходит снижение напряжения на шинах собственных нужд. Тогда  $t_{п.п.} = 0,1 \div 0,3 \text{ с}$  при действии основной защиты и  $t_{п.п.} = 1 \text{ с}$ , если основная защита отказала и действует резервная. В том случае, когда при коротком замыкании на стороне высшего напряжения защита отключает и останавливает блок, его собственные нужды переключаются на резервный трансформатор и  $t_{п.п.} = 0,8 \div 1,1 \text{ с}$ . Если технологические ограничения позволяют блоку работать на холостом ходу, питая лишь систему собственных нужд, то на секции собственных нужд  $t_{п.п.} = 0,4 \div 0,5 \text{ с}$ . Если блок останавливается под действием технологических защит, то генератор отключается от распределительного устройства высшего напряжения и от систем собственных нужд. При этом  $t_{п.п.} = 0,5 \div 0,7 \text{ с}$ . В случае ошибочного отключения рабочего питания (персоналом или автоматически)  $t_{п.п.} = 0,4 \div 0,6 \text{ с}$ .

В системах электроснабжения собственных нужд имеют место следующие виды переходных процессов:

- электромагнитный процесс возникновения и отключения короткого замыкания или отключения нагрузки;

- электромеханический процесс группового и индивидуального выбега двигателей;
- электромагнитный процесс повторного включения группы двигателей на выбеге;
- электромеханический процесс разворота (самопуска) асинхронных двигателей;
- электромеханический процесс ресинхронизации синхронных двигателей;
- электромеханический процесс ступенчатого пуска резервных и автономных источников питания;
- электромеханический процесс синхронного пуска двигателей ответственных механизмов собственных нужд от автономных источников питания.

### Методика расчета

Точный расчет переходных процессов возможен лишь на основе математических моделей, описывающих явления в синхронных и асинхронных машинах, первичных двигателях рабочих механизмов, электрической сети и действия пусковой аппаратуры, релейной защиты и автоматики [3,5]. Численное интегрирование дифференциальных уравнений этих процессов на ЭВМ при использовании данных натурных испытаний в качестве исходных характеристик дает картину изменения скорости вращения, напряжений, токов, механических моментов и производительности во времени. Анализ этих зависимостей позволяет судить об успешности завершения переходных процессов и тем самым о возможности нормальной работы энергоблока или его аварийного останова по номинальной технологии.

Успешный самопуск двигателей собственных нужд позволяет удержать блок в работе под нагрузкой при коротком замыкании во внешней сети и в сетях собственных нужд, а также при ошибочных отключениях рабочего питания, ускорить восстановление нормальной работы при некоторых отказах технологической части и обеспечить безопасный для оборудования (штатный) останов энергоблока. Успешным самопуском является такой, при котором ответственные двигатели достигают нормальной частоты вращения за время, допустимое по технологическим ограничениям и по нагреву самих двигателей.

Допустимое время самопуска двигателей собственных нужд составляет: ТЭС среднего давления – 35 с; ТЭС высокого давления с поперечными связями – 25 с; блочных ТС с агрегатом мощностью свыше 150 МВт – 20 с; АЭС с инерционными ГЦН – 10-15 с; АЭС с малоинерционными ГЦН - 1-2 с.

Длительность самопуска определяется временем перерыва питания ( $t_{п.п.}$ ), параметрами цепи питания ( $x_{п.п.}$ ,  $r_{п.п.}$ ) и характеристиками группы разворачивающихся двигателей. Как указано [1], в схемах с ПРТ мощность этих трансформаторов должна быть достаточно большой, чтобы обеспечить нагрузку рабочего ТСН одного блока и пуск или останов второго блока. При этом необходимо обеспечить и самопуск наиболее нагруженной секции

работающего блока от ПРТ, загруженного, кроме того, пуском другого блока (нагрузка пусковая составляет 50 % максимальной нагрузки блока).

В схемах, где пуск и останов блоков осуществляются от рабочих ТСН, мощность последних рассчитывается для успешного самозапуска двигателей в наиболее загруженной секции работающего блока через ту цепь питания (рабочего или резервного), сопротивление которой выше.

Время перерыва электроснабжения в расчетах принимают равным [7]; 0,7 с – при отключении цепи рабочего питания действием основной защиты; 1,5 с – при отключении цепи рабочего питания действием резервной защиты; 2,0 с – при отключении рабочего ТСН действием резервной защиты на стороне высшего напряжения.

Приближенно, например, в учебных проектах, успешность самозапуска определяют по начальному напряжению зажимах двигателей, участвующих в самозапуске:

$$U_{*0} = \frac{E_*}{1 + \frac{x_{*п.п.}}{x_{*д.экв.}}}, \quad (3)$$

где  $E_*$  – ЭДС источника питания;  $x_{*п.п.}$  – суммарное индуктивное сопротивление цепи питания (по отношению к суммарной мощности двигателей);  $x_{*д.экв.} = 1/(I_{*пуск} \cdot K_f)$  – эквивалентное индуктивное сопротивление группы пускающихся двигателей;  $K_f$  – коэффициент, учитывающий снижение пускового тока из-за того, что за время  $t_{п.п.}$  (рис. 1) двигатели не успели полностью затормозиться.

Кривая зависимости допустимого напряжения по условию сохранения устойчивости работы двигателей при самозапуске от расчетного параметра рис. 2 приведена на рис. 2. На рис. 2,  $U_{A.j.}$  – минимальное значение допустимого начального напряжения;  $A_j$  – значение избыточного момента, при котором не нарушается устойчивая работа агрегата в целом, отн.ед.

Если  $U_{*0} > U_{*доп}$ , то самозапуск проходит успешно; при  $U_{ном} = 6$  кВ принимают  $U_{*доп} = 0,6$  для ТЭС высокого давления,  $U_{*доп} = 0,55$  для ТЭС среднего давления и всех двигателей 0,4 кВ. Пример проверки самозапуска нагрузки секции СН АЭС приводится в работе [3].

Для облегчения самозапуска всех ответственных двигателей при глубоких снижениях напряжения в сети собственных нужд неотвеченные двигатели автоматически отключаются защитой минимального напряжения. Первая ступень этой защиты срабатывает при  $(0,65 \div 0,7)U_{ном}$  с выдержкой  $t = 0,5 \div 1$  с. Вторая ступень срабатывает при  $0,5U_{ном}$  через  $t = 9$  с после первой и осуществляет аварийный останов блока, так как работать с таким глубоким и длительным снижением напряжения механизмы собственных нужд не могут.

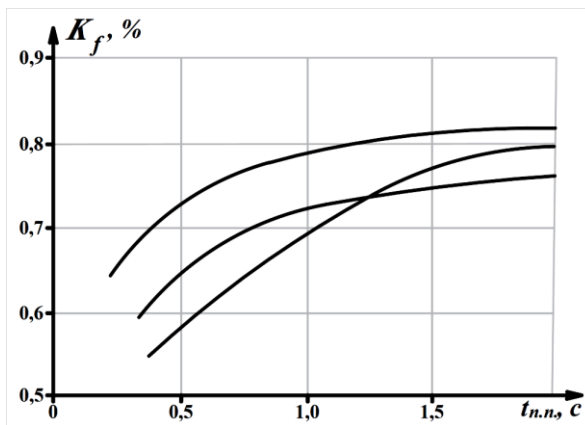


Рис. 1 – Коэффициент уменьшения тока нагрузки при самозапуске к пусковому току заторможенных двигателей: 1 – для ТЭС; 2 – для АЭС с РБМК; 3 – для АЭС с ВВЭР

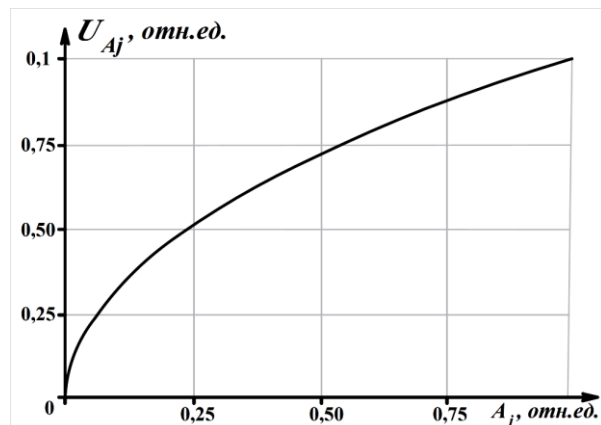


Рис. 2 – Кривая зависимости допустимого напряжения по условию сохранения устойчивости работы двигателей при самозапуске от расчетного параметра

Синхронные двигатели при  $t_{n.p.} > 0,5c$  переходят в асинхронный режим, после чего следует их ресинхронизация, обеспечиваемая автоматической форсировкой возбуждения.

Самозапуск двигателей механизмов собственных нужд от рабочих и резервных источников применяется как на ТЭС, так и на АЭС. Пуск и самозапуск механизмов собственных нужд аварийного расхолаживания и локализации аварий на АЭС осуществляется от аварийных источников соизмеримой с двигателями мощности. Кроме того, на АЭС используется совместный выбег турбогенераторов (основных или вспомогательных) с механизмами собственных нужд (ГЦН) для снятия остаточных тепловыделений.

Расчеты переходных процессов при выбеге, самозапуске и пуске многомашинных систем осуществляются с помощью ЭВМ на основе уравнений Парка-Горева для синхронных и асинхронных машин, уравнений переходных процессов в цепях с сосредоточенными параметрами для элементов сети собственных нужд и путем аппроксимации моментов сопротивления механизмов и уравнений движения первичных двигателей [3,5]. Результаты расчетов показывают, что, пока остаточное напряжение на секциях рабочего ТСН превышает 30–35%  $U_{ном}$ , выбег двигателей идет совместно, несмотря на различие инерционных постоянных механизмов собственных нужд. При дальнейшем развитии процесса и отсутствии питания начинается индивидуальный выбег механизмов. Выбег при перерыве питания существенно отличается от аналогичного процесса при коротком замыкании. При перерыве питания часть кинетической энергии высокоинерционных механизмов расходуется на поддержание частоты вращения малоинерционных. Во время

самозапуска, если он заканчивается успешно, напряжение вначале снижается до  $(0,7 \div 0,6) U_{ном}$ , а после запуска части двигателей повышается до  $0,85U_{ном}$  и остается на этом уровне, пока не запустятся самые мощные механизмы (например, ГЦН на АЭС). Подача насосов при самозапуске снижается до  $0,75-0,8$  номинальной.

В главном циркуляционном контуре АЭС, в контуре питательной и охлаждающей воды турбонасосов, в системах безопасности применяются и синхронные, и асинхронные двигатели. Были исследованы режимы самозапуска с ресинхронизацией синхронных двигателей и режимы прямого пуска с произвольным сочетанием асинхронных и синхронных двигателей [3,5]. В ряде случаев ресинхронизация сильно нагруженных двигателей может оказаться неуспешной из-за неудачного углового положения ротора в момент включения автомата гашения поля (АГП) или при понижении напряжения. В этом случае производится повторное гашение поля, разгрузка механизма, если это возможно, и новая ресинхронизация с форсировкой возбуждения.

Выбег синхронных двигателей сначала сопровождается работой их в генераторном режиме на синхронную нагрузку; после срабатывания АГП (отключения) выбег продолжается в асинхронном двигательном режиме. При этом длительность группового выбега и скорость затухания напряжения на секциях СН практически те же, что и при использовании одних двигателей.

Во время самозапуска синхронные двигатели оказывают благоприятное влияние на процесс, так как имеют лучшие пусковые характеристики по сравнению с асинхронными. Время разгона их до подсинхронной скорости меньше времени разгона асинхронных двигателей. Включение АГП синхронного двигателя при достижении подсинхронной скорости поднимает напряжение на секции и способствует ускорению самозапуска двигателей.

В работе [5] рассматриваются также переходные процессы при различных способах пуска нагрузки систем безопасности от дизель-генераторов. При ступенчатом (в две-три очереди) включении нагрузки наблюдаются довольно резкие колебания напряжения, тока и вращающих моментов. Облегчение условий пуска достигается применением синхронных двигателей, введением запаса по мощности генераторов, форсировкой возбуждения синхронных машин. Существенно же улучшить условия пуска можно лишь с помощью частотного метода запуска механизмов от автономных источников и последующего ступенчатого пуска остальных. В работах [3,5] описывается программа частотного пуска циркуляционного насоса с действием АВР и форсировкой возбуждения от дизель-генератора. Общее время частотного пуска не более чем на 10 % превышает время пуска двигателя вхолостую, а сам процесс становится более устойчивым и плавным.

Проверка мощности РТСН, выбранной равной мощности ТСН, и способов резервного питания СН 6 кВ с учетом обеспечения самозапуска осуществляется на основе расчетов характеристик переходных процессов по уравнениям Парка-Горева для каждого из предлагаемых вариантов резервного питания [5]. Кардинальным решением проблемы самозапуска является применение



напряжений 10 и 0,66 кВ вместо 6 и 0,4 кВ. При значительных длинах шинопроводов (более 300 м) лучше перейти на параллельно включенные кабельные линии соответствующего сечения [3].

### Заключение

На основе анализа поведения двигателей в системах собственных нужд электростанций и подстанций в названных переходных режимах проверяется допустимость каждого из них по продолжительности переходного процесса и величине динамических токов и моментов, уточняются уставки средств релейной защиты и автоматики, а также разрабатываются рекомендации для проведения изменений в конструкции двигателей и схемах их электроснабжения. Оптимизация и повышение надежности работы двигателей систем собственных нужд электростанций и подстанций являются важной задачей как для различных отраслей, так и для ряда важнейших развивающихся объектов. Исследование динамических и стационарных режимов работы двигателей систем собственных нужд электростанций и подстанций проводится с помощью различных методов. Наиболее эффективным и удобным в этой области является метод математического и цифрового моделирования с использованием современных электронных вычислительных машин ЭВМ. Существующие методы и программы расчета на ЭВМ не в полной мере удовлетворяют растущим требованиям практики проектирования, наладки и эксплуатации современных мощных электростанций и подстанций. Увеличение количества расчетов переходных процессов в системах собственных нужд электростанций и повышение сложности структуры расчетов требуют повышения эффективности программного обеспечения этих задач.

### Список литературы

1. Гук Ю.Б. Проектирование электрической части станций и подстанций: Учеб. пособие для вузов / Ю.Б. Гук, В.В. Кантан, С.С. Петрова. Ленинград: Энергоатомиздат. 1985. 312 с.
2. Маджидов А.Ш. Особенности расчета токов короткого замыкания в системе собственных нужд электрических станциях. Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых ученых. Аксиологический кризис человеческого бытия: гуманизм - трансгуманизм – посттрансгуманизм (29-30 мая): статья в сборнике трудов конференции. Грозный. 2020. С. 646-651.
3. Фельдман М.Л. Особенности электрической части атомных электростанций. - 2-е изд., перераб. и доп. / М.Л. Фельдман, А.К. Черновец. Ленинград: Энергоатомиздат. 1983. 172 с.
4. Маджидов А.Ш. Уравнения асинхронного электродвигателя при переходном процессе. Информационные технологии, энергетика и экономика (электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве): сборник трудов XVII международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. Смоленск. 2020. С. 44-49.

5. Черновец А.К. Электрическая часть АЭС (переходные процессы в системах электроснабжения): Учебное пособие. Ленинград: Издательство ЛПИ. 1980. 80 с.

6. Маджидов А.Ш. Самозапуск асинхронных двигателей агрегатов собственных нужд ТЭЦ. Информационные технологии, энергетика и экономика: сборник трудов XVI международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. В 3 т., 25-26 апреля. Смоленск. 2019. С. 40-43.

7. Околович М.Н. Проектирование электрических станций: Учебник для вузов / М.Н. Околович. Москва: Энергоиздат. 1982. 400 с.

8. Madzhidov A.Sh. Analysis of short circuit current calculation in auxiliary means of thermal power plants using ETAP simulation software. Information technologies, energy and Economics (electric power, electrical engineering and heat power, mathematical modeling and information technologies in production): proceedings of the XVII international scientific and technical conference of students and postgraduates. Smolensk. 2020. Pp. 39-44.

9. Madjidov A. Sh. Effect of voltage failure on the operation of auxiliary devices. Twenty-sixth international scientific and technical conference of students and postgraduates "Radioelectronics, electrical engineering and power engineering" (March 12-13). Moscow. 2020. Pp. 1103.

10. Маджидов А. Ш. Моделирование процесса самозапуска асинхронных электродвигателей собственных нужд тепловых электростанций. Политехнический вестник. Серия: инженерные исследования 4 (48). Издательство: Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими (Душанбе). 2019. С. 17-26.

**УДК 681.518.5+621.316.7+681.53**

## **ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Я.В. Мироненко

*АО «РЭС Групп»*

**Аннотация.** В рамках данной работы проводится анализ потребности электроэнергетической отрасли Российской Федерации в качественной диагностике высоковольтного оборудования, оценивается техническое состояние парка оборудования и существующий на сегодняшний день подход к его ремонту. По результатам проведенного анализа рассматриваются ключевые диагностические технологии выбранного направления и производится формальный анализ применимости нескольких диагностических методов к актуальным целям современной диагностики по таким ключевым особенностям, как надежность, информативность и возможность автоматизации. В заключение делается вывод о возможности начала массового внедрения автоматизированных диагностических систем и перспективах их совершенствования.

**Ключевые слова:** диагностика высоковольтного оборудования, экспертные системы, хроматографический анализ масла, мониторинг частичных разрядов.

# DEVELOPMENT PROSPECT OF HIGH VOLTAGE EQUIPMENT'S DIAGNOSTIC

Ya.V. Mironenko  
*JSC "RES Group"*

**Annotation.** In this work, there is an analysis of the needs of the electric power industry of the Russian Federation for high-quality diagnostics of high-voltage equipment and an assessment of the equipment park's technical condition and current approach to its repair. After that, some diagnostic technologies are chosen for formal analysis of this methods' applicability to the current goals of modern diagnostics in terms of such key features like reliability, information content, and the possibility of automation. In custody, a conclusion is made about the possibility of starting the automated diagnostic systems' mass introduction and the prospects for their improvement.

**Keywords:** high voltage equipment's diagnostic, expert systems, chromatographic analysis, partial discharges.

На сегодняшний день важность диагностики в электроэнергетической отрасли обуславливается следующими ключевыми моментами:

- доля выработавшего свой ресурс (или близкого к этому) оборудования в отрасли превышает, по разным оценкам, от 40 до 70 % от полного состава парка;
- повсеместной является политика перехода от планово-предупредительных ремонтов к ремонтам по состоянию оборудования, закреплённая различными национальными и ведомственными стандартами;
- цифровизации в энергетике и построение smart grid подразумевает автоматизацию и массовость использования диагностических методов.

По состоянию на 2018 год в некоторых электросетевых организациях наблюдается ситуация, когда количество мощных (свыше 80 МВА) трансформаторов, ежегодно выходящих за предельные сроки службы, приблизительно в два раза превышает количество новых, вводимых в эксплуатацию [2]. При этом общее количество трансформаторного оборудования 110 кВ со сроком службы больше 25 лет в среднем по отрасли на 2013 год составляло 40 % [1]. Доля установленной мощности генерирующего оборудования, работающего более 25 лет, составила в 2017 году 67,6 %, при этом доля оборудования, работающего на тот момент более 39 лет, – 45,9% [4].

В условиях, когда темпы модернизации падают, а процент выработавшего ресурс оборудования растёт быстрее темпов модернизации, надёжность электроснабжения можно поддерживать на основании рационального использования и регулярной диагностики существующего парка трансформаторов с учетом имеющегося опыта их эксплуатации [1].

С учетом этого возникла политика перехода от планово-предупредительных ремонтов к их проведению в зависимости от фактического состояния объекта. Подобная концепция требует увеличения эффективности как ремонтов, так и диагностических технологий, которые позволили бы выявить дефект до его фатального развития.

Так, наиболее частой причиной аварий в электрохозяйстве ПАО Россети (рис. 1) в 2013-2015 году был пробой изоляции [3], который в большинстве

случаев может быть обнаружен в рамках диагностического обследования до перехода в критическую стадию.

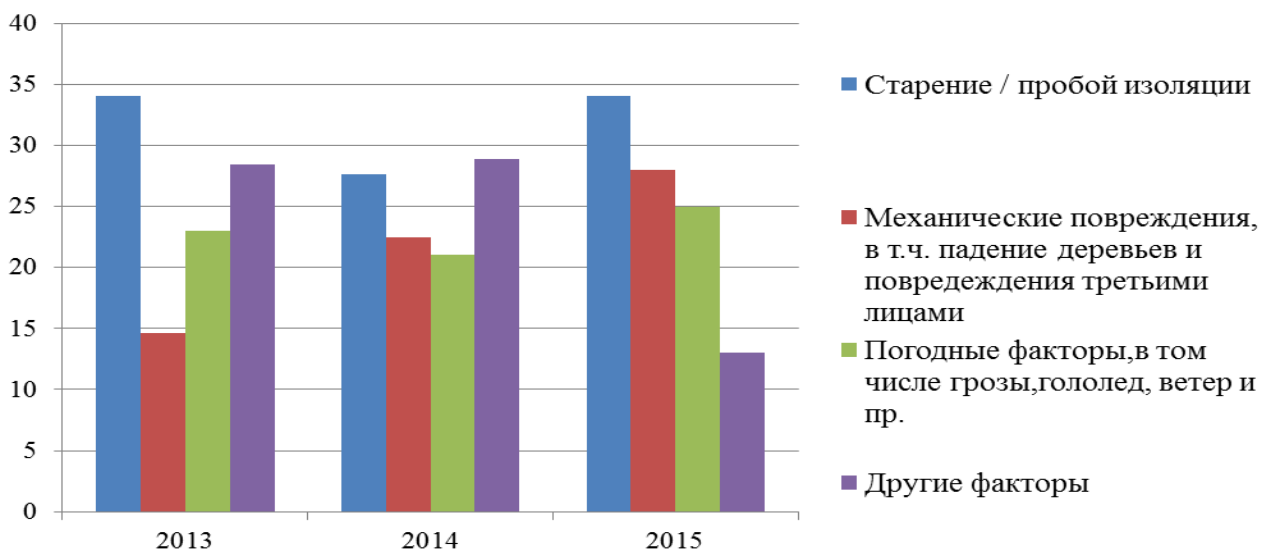


Рис.1 - Данные о причинах аварий на объектах электросетевого хозяйства в процентах

На сегодняшний день создано множество технологий диагностики высоковольтного энергетического оборудования. Диагностические параметры зависят от выбранного метода к регистрации/измерениям, а их нормированием занимаются профильные институты множества стран. Многообразие и совершенствование диагностических методов при этом не привели к революционному технологическому скачку в отрасли и массовому внедрению автоматизированной диагностики.

В первую очередь, это обусловлено низким качеством предикативной диагностики высоковольтного оборудования. Во вторую - высокой стоимостью диагностического процесса. При этом решение первой проблемы непосредственно зависит от разрешения второй.

Диагностическое обследование носит экспертный характер. Вывод о состоянии конкретной единицы принимается в зависимости от комбинации различных факторов и интерпретируется соответственно. Универсальный подход не закреплен на сегодняшний день никаким нормативным документом и выбирается конкретным экспертом. В условиях ограниченности количества таких специалистов вывод может делать экспертная компьютерная система.

Развитие искусственного интеллекта в последние годы позволяет говорить о возможности такого применения экспертных систем, построенных на базе нечеткой логики, или машинного обучения [6]. Но в независимости от использованных технологий, построение экспертных систем требует огромного количества используемых для их обучения исходных данных, которыми являются результаты прошедших исследований в сравнении с выявленными дефектами. Наполнение такой базы вручную представляется достаточно

сложной задачей, особенно при низком количестве внедрений диагностических комплексов, обусловленном высокой стоимостью оборудования.

Выходом из замкнутого круга является создание, с одной стороны, сравнительно дешевых, а с другой, достаточно надежных диагностических комплексов, автоматизация и массовое внедрение которых позволили бы совершенствовать существующие более информативные методы.

Наиболее перспективными для такой цели являются те диагностические методы, которые уже сейчас сочетают в себе хотя бы две из следующих необходимых особенностей: простоту и возможность автоматизации процесса, информативность, надежность.

На сегодняшний день анализ концентрации растворенных газов в трансформаторном масле является одним из самых информативных [5], но в то же время наименее автоматизированных диагностических методов. Высокая информативность обусловлена разработанной за долгие годы эксплуатации нормативной библиотекой сравнения количественного соотношения концентрации растворенных газов и порога дефектообразования. Низкая автоматизация – сравнительно сложной технологией лабораторного химического анализа. В то же время уже существуют промышленные хроматографы и датчики растворенных газов, способные выполнить анализ непосредственно на месте эксплуатации практически без участия человека-лаборанта. В любом случае дешевых технологий автоматизированного анализа пока нет, но их появление способно принципиально изменить подходы к диагностике маслonaполненного энергетического оборудования.

Достаточно информативным on-line методом является контроль электрических параметров в изоляции трансформатора. За счет активного использования АСУ ТП и телемеханики, этот метод является наиболее автоматизированным на уровне измерений.

Существует несколько диагностических методов, позволяющих обнаружить дефекты посредством мониторинга электрических параметров, но наиболее распространённым является измерение реактивного сопротивления обмотки. Выявление изменения данного сопротивления позволяет диагностировать нарушение формы обмотки, т.е. витковые дефекты. Замеры реактивного сопротивления, как правило, проводятся при подаче внешнего импульса (для on-line диагностики таким импульсом является коммутационный или грозовой импульс, или коронный разряд). Основная причина сравнительно нечастого использования метода - сложность получения и обработки достоверной информации [5], что в свою очередь существенно снижает надежность метода.

Для быстрой и дешевой оценки состояния электрооборудования уже сейчас используется мониторинг частичных разрядов (ЧР). Данный метод диагностики является, с одной стороны, достаточно дешевым, а с другой - информативным инструментом, который может использоваться наряду с лабораторными диагностическими методами [5]. Наиболее важная проблема технологического развития мониторинга ЧР также заключается в сложности

экспертной интерпретации данных, полученных регистраторами [7]. Проблема может быть решена при введении универсального критерия, измеряемого на всем протяжении эксплуатации, данные по которому позволили бы с большой долей уверенности говорить о динамике состояния оборудования.

Таким критерием может стать тренд активности ЧР в изоляции оборудования на ограниченном промежутке времени. Наличие временного тренда в измерении таких интегральных характеристиках ЧР, как интенсивность ЧР и максимальное значение кажущегося заряда повторяющихся ЧР, практически однозначно говорит о наличии проблем в изоляции [5].

В качестве датчиков для регистрации ЧР могут использоваться одни из наиболее простых и информативных устройств – ёмкостные стационарные датчики, устанавливаемые на высоковольтный ввод / конденсаторы связи и работающие в диапазоне HF [5]. Конечное оборудование может представлять собой аналог счетчика электроэнергии. Подобное устройство может отличаться простой физической структурой, а его встроенное программное обеспечение (ПО) не менее простым алгоритмом работы. Примерный алгоритм работы такого ПО на базе анализа интенсивности частичных разрядов (параметр PDI) по временной шкале представлен на рис. 2.

Тренд развития ЧР является одним из наиболее надёжных диагностических параметров, но предложенный способ не лишён ряда особенностей и недостатков, которые должны быть учтены при разработке конкретной модели.

Во-первых, несмотря на то, что стационарная установка модели позволит в достаточной мере формировать пакет данных для оценки тренда развития ЧР, хранение и конечная обработка данных непосредственно на устройстве существенно повысит его стоимость. Таким образом, должна быть предусмотрена передача архивированных данных посредством распространённых беспроводных каналов связи.

Во-вторых, непосредственно на устройстве должны быть реализованы простейшие алгоритмы отстройки от помех.

В-третьих, несмотря на относительную прозрачность диагностических правил, связанных с трендом развития ЧР, на этапе опытной эксплуатации необходимо разработать достоверную базу диагностических правил и избежать как ложных срабатываний, так и заглушенных предупреждений [8].

Несмотря на сложность перехода к автоматизации диагностики в электроэнергетике, уже сейчас существуют методы, которые после сравнительно небольшой обработки могут использоваться для охвата устаревшего оборудования. Дальнейшее же развитие диагностических технологий станет возможным в результате совершенствования измерительного оборудования и диагностических правил по результатам полученной в ходе массового внедрения диагностических технологий информации.

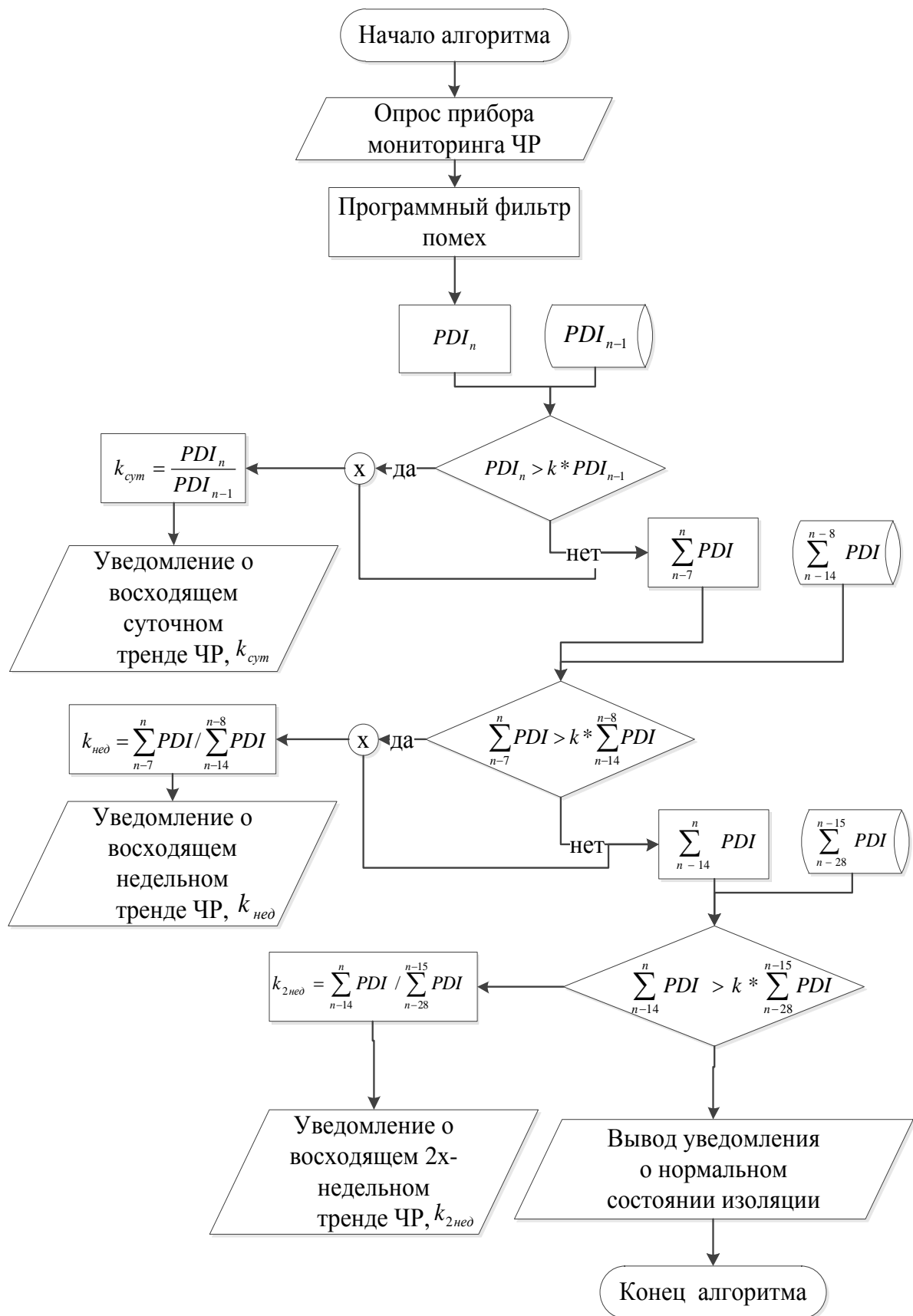


Рис. 2 - Упрощенный алгоритм работы анализирующего программного обеспечения

## Список литературы

1. Хлыстиков А.В., Игнатъев И.В. Проблемы надежности работы силовых трансформаторов. / Системы. Методы. Технологии. – 2013. - №3;
2. Шахнин В.А. Методы и средства диагностики высоковольтного оборудования. / Владимир: Изд-во ВлГУ, 2018;
3. Годовой отчет ПАО «Россети» за 2015 год;
4. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2017 г. № 1209-р «Об утверждении Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2035 г.»;
5. Русов В.А. Диагностический мониторинг высоковольтных силовых трансформаторов / Пермь: DIMRUS, 2013;
6. Шахнин В.А., Мироненко Я.В. Применение методов нечеткой логики для электрошумовой диагностики высоковольтного оборудования. //Сборник докладов X Юбилейной Международной научной конференции «Актуальные вопросы современной техники и технологии». / Липецк: Издательский центр «Гравис», 2013;
7. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. / Новосибирск: Наука, 2007;
8. Мироненко Я.В., Шахнин В.А. Принцип построения нечеткой экспертной системы для обработки результатов диагностики высоковольтного оборудования посредством метода регистрации частичных разрядов / Автоматизация и ИТ в энергетике. - 2013. - №12;
9. Шахнин В.А., Мироненко Я.В. Экспериментальные исследования пространственной корреляции частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования / Диагностика и надежность энергооборудования. - 2018. - №1.

**УДК 661.66**

### **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОПОРИСТОГО УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА**

**А.А. Попова, И.Н. Шубин, Р.Э. Алиев**

*Тамбовский государственный технический университет*

**Аннотация.** В статье дается обзор уровня развития наиболее перспективных для безопасной транспортировки и аккумуляции газовых сред материалов - синтезированных углеродных сорбентов, с высокой удельной поверхностью и развитой системой микро- и мезопор. Приводятся результаты исследования, которые показывают возможность и достижимость поставленных задач по разработке углеродного нанопористого материала и аппаратурно-технологического процесса его производства.

**Ключевые слова:** нанопористый углеродный материал, углеродный наноматериал, активированный углерод, сорбент, карбонизация, активация, удельная поверхность, пористость, макроскопическая структура, аккумуляция газовых сред.

### **SYNTHESIS AND RESEARCH NANOPOROUS CARBON MATERIAL**

**A.A. Popova, I.N. Shubin, R.E. Aliev**

*Tambov State Technical University*



**Abstract.** The article provides an overview of the level of development of the most promising materials for safe transportation and accumulation of gaseous media - synthesized carbon sorbents, with a high specific surface area and a developed system of micro- and mesopores. The results of the study are given, which show the possibility and attainability of the tasks set for the development of carbon nanosimple material and the instrumental-technological process of its production.

**Keywords:** nanoporous carbon material, carbon nanomaterial, activated carbon, sorbent, carbonization, activation, specific surface area, porosity, macroscopic structure, accumulation of gaseous media.

В настоящее время идет активное замещение традиционных видов топлива, оказывающих значительное отрицательное влияние на окружающую среду, экологически безопасным, к которым, в первую очередь, относят различные газы, характеризующиеся невысокой себестоимостью. В свою очередь, области их практического применения существенно сужают проблемы, связанные с безопасным и дорогостоящим хранением и транспортировкой. Анализ литературно-патентных источников показал, что наиболее перспективными материалами для решения указанных проблем являются активированные углеродные микро- и мезопористые сорбционные материалы, имеющие максимально развитую удельную поверхность. Основное применение которых заключается в разделении, выделении и концентрировании различных газовых сред [1]. Кроме того, в качестве наиболее эффективных выделяют материалы, содержащие мезопоры с высоким удельным объемом и удельной поверхностью. Наряду с ними, широкое распространение получил термин «нанопористый материал», характеризующийся диапазоном размеров пор от одного до нескольких нанометров, что пересекается с диапазоном мезопористости [2].

На сегодняшний день ни одно высокотехнологичное инновационное производство в России не обходится без базы знаний о структуре, свойствах, методах получения и областях практического применения наноразмерных структур, которые постоянно пополняются и обновляются за счет работы ученых. Достижения в этой области являются ключевым фактором конкурентоспособности на рынке товаров и технологий, а также способствуют импортозамещению и развитию национальной экономики.

Исследование углеродных структур, к которым, в первую очередь, относят углеродные наноматериалы (УНМ), графен и высокопористые активированные угли, делится на два направления: синтез и характеристика УНМ, как нового вида материалов, а также практическое применение этих материалов [3-5].

Ключевым минусом рассмотренных работ [6-8] является их узконаправленность, заключающаяся в изучении лишь отдельных свойств углеродных материалов и отдельных параметров технологических процессов производства, а также в рассмотрении материалов с более низкими физико-химическими показателями по отношению к аналогам.

В ряде работ представлены результаты математического моделирования, которые носят частный характер и, по большому счету, слабо подкреплены экспериментальными исследованиями. Однако без комплексного подхода,

знания связи исходных характеристик углеродных материалов (кинетики сорбции/десорбции и физико-механических свойств), аппаратурно-технологических параметров и особенностей невозможно осуществить качественный полноценный переход от лабораторных исследований к промышленным технологиям производства нанопористого углеродного материала [4-8].

Цель проводимых исследований заключается в разработке нанопористого углеродного материала, имеющего высокие удельную поверхность и удельный объем микро- и мезопор для применения в качестве сорбента природных газов, а также определение взаимосвязи исходных характеристик активированного углеродного материала и аппаратурно-технологических параметров процесса синтеза.

В основе исследований лежит гипотеза о том, что в результате карбонизации углеродного сырья и последующей активации будет получен нанопористый углеродный материал, сочетающий эффективную упорядоченную макроскопическую структуру, высокие удельную поверхность и удельный объем микро- и мезопор.

В процессе работы за счет обеспечения оптимального содержания УНМ в полученном материале будет сформирована бездефектная нанопористая структура. Кроме этого, будут теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены зависимости между исходным составом, технологическими режимами обработки и характеристиками оборудования, влияющими на физико-механические и физико-химические параметры активированного углеродного материала.

Отметим, что исследование взаимосвязи исходных характеристик активированного углеродного материала и аппаратурно-технологических параметров процесса синтеза представляется достаточно сложной комплексной задачей, в связи с чем работа над ней разбивается на несколько промежуточных этапов.

На первом этапе были проведены экспериментальные исследования, направленные на определение основных параметров синтезируемого активированного углеродного материала - параметров поверхности и пористости, вычисляемых из изотерм адсорбции-десорбции по той или иной теоретической модели. Наиболее часто вычисления поверхности и пористости различных материалов проводятся по моделям BET, VJH и DFT, которые, как правило, заложены в программы современных приборов для адсорбционных измерений. Для различных типов материалов и диапазонов размеров лучше подходит та или иная модель. В нашем случае параметры были определены по адсорбции азота - удельная поверхность по многоточечному методу БЭТ; распределение пор по размерам и удельный объем пор - по методу DFT. Проведенные предварительные исследования показали, что данные физико-химические характеристики зависят в первую очередь от исходных компонентов, применяемых для получения углеродсодержащих веществ (карбонизатов), а также от режимов активации (массового соотношения

например, гидроксида калия к активируемому материалу, а также температуры и времени активации, режима газообмена в реакционной зоне).

Задача получения мезопористого углерода решалась путем изменения состава исходных компонентов [9-11], включающая карбонизацию исходного углеродного наноматериала с добавлением гидроксида калия и дальнейшую термообработку смеси при температуре активации и проведение пост-обработки активированной смеси. Материал в герметично закрытой емкости в среде инертного газа подвергался ступенчатому нагреву в лабораторной муфельной печи 400°C, после чего была часовая выдержка при этой температуре и затем 750°C с выдержкой в три часа. Затем материал при достижении комнатной температуры проходил несколько промежуточных стадий обработки, после которых промывался и высушивался. Полученное после термообработки вещество измельчалось до размера частиц не более 0,2 мм. Исследование проводилось с изменением температуры и технологических режимов. При каждом из которых был получен активированный углеродный материал с высокоразвитой пористой поверхностью с преобладанием микро- или мезопор, незначительно отличающихся по своим физико-механическим характеристикам.

Анализ структурного состава на электронном сканирующем микроскопе показал, что добавление в исходный состав смеси графена приводит к значительному изменению макротекстуры получаемого материала. Так, мезопористый углерод распределяется тонким слоем на поверхности графеновых слоев, благодаря чему мезопоры становятся легкодоступными. Но стоит учесть, что увеличение количества графена в исходной смеси до определенного значения приводит к уменьшению удельной поверхности. Это происходит за счет того, что графен является только структурообразующим компонентом и не вносит значительного вклада в развитие поверхности и мезопористости.

Исследования структуры и состава активированного углерода - второй этап исследований - будут проведены с использованием рентгено-структурного анализа (РСА) и дифференциально термического анализа (ДТА). РСА позволит выявить нарушения в кристаллической решетке материала после его карбонизации и активации, т.е. уровень его дефективности, а ДТА - оценить изменение его состава при наложении термических эффектов при нагреве образцов, полученных при разных сочетаниях исходного состава компонентов и режимных параметров синтеза. Это также является важнейшими характеристиками полученного материала, поскольку в некоторых случаях параметры синтеза и исходный состав могут привести к получению активированного углерода, удельная поверхность которого приходится преимущественно на микропоры, то есть недоступна для больших ионов и молекул.

Таким образом, был выстроен дальнейший план работы, а полученные результаты проведенных исследований показали принципиальную возможность и достижимость поставленных задач по разработке углеродного нанопористого

материала и определения взаимосвязи аппаратурно-технологических параметров синтеза с характеристиками сорбента.

#### Список литературы

1. Popova, A.A. Modeling of mixing nanopowder materials when designing process equipment / A.A. Popova, I.N. Shubin, D.V. Tarov // *Advanced Materials and Technologies*. 2019. № 4 (16). С. 66-74;
2. Попова, А.А. Анализ влияния свойств нанодисперсных систем на конструкции технологического оборудования / А.А. Попова, И.Н. Шубин // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. 2020, №7.
3. Раков, Э.Г. Нанотрубки и фуллерены / Э.Г. Раков. М.: Университетская книга, 2006, 235 с.
4. Мищенко, С.В., Углеродные наноматериалы: производство, свойство, применение / С.В. Мищенко, А.Г. Ткачев М.: Машиностроение, 2008, 320 с.
5. Бутырин, Г.М. Высокопористые углеродные материалы / Г.М. Бутырин. М.: Химия, 1976, 192 с.;
6. Benaddi, H. Surface functionality and porosity of activated carbons obtained from chemical activation of wood / H. Benaddi, T.J. Badosz, J. Jagiello, J.A. Schwarz, J.N. Rouzaud, D. Legras, F. Beguin // *Carbon*, 2000, vol. 38, pp. 669-674.
7. Чесноков, Н.В. Получение углеродных сорбентов химической модификацией ископаемых углей и растительной биомассы / Н.В. Чесноков, Н.М. Микова, И.П. Иванов, Б.Н. Кузнецов // *Журнал Сибирского федерального университета*, 2014, т. 7, №1, с. 42-53.
8. Gun'ko, V.M. Comparative study of nanopores in activated carbons by HRTEM and adsorption methods / Vladimir M., Oleksandr P. Kozynchenko, Stephen R. Tennison, Roman Leboda, Jadwiga Skubiszewska-Zieba, Sergey V. Mikhalovsky // *Carbon*, 2012, vol. 50, pp. 3146-3153.
9. Popova, A. Features of optimization synthesis of equipment for feeding nanodispersed material / A. Popova, I. Shubin, A. Kucherova, N. Memetov and D. Tarov. // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 693 (2019) 012040 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/693/1/012040
10. Попова, А.А. Химическая и термическая активации для увеличения пористости углеродного сорбирующего материала: эффективность и экологичность процесса / А.А. Попова, И.Н. Шубин. // Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2019. – С. 202-205
11. Пат. № 2620404 РФ, С01В 31/08. Способ получения мезопористого углерода / Ткачев А. Г., Мележик А. В., Соломахо Г. В.; Заявл. 26.01.2016; Опубл. 25.05.2017.

УДК 621.822

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РОТОРНЫХ МАШИН НА БЕСКОНТАКТНЫХ ПОДШИПНИКАХ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ

А.В. Смирнов, А.В. Космынин, В.С. Щетинин, А.С. Хвостиков

*Комсомольский-на-Амуре государственный университет*

**Аннотация.** Подшипниковый узел является одним из важнейших узлов, определяющих эффективность и надежность работы всего устройства. Особенно это важно для высокоскоростных роторных машин. Показателями, характеризующими работу подшипникового узла, являются его эксплуатационные характеристики, и для их улучшения применяются различные решения. В частности, для высокоскоростных роторных систем интерес представляют подшипники с малыми потерями на трение. Одним из таких подшипников является комбинированный газомангнитный подшипник, представляющий перспективное направление в этой сфере. Проведенные исследования эксплуатационных характеристик газомангнитного подшипника подтвердили его эффективность по сравнению с газовыми или магнитными подшипниками.

**Ключевые слова:** высокоскоростные роторные машины, бесконтактный подшипник, эксплуатационные характеристики, исследование.

## EFFICIENCY OF USING HIGH-SPEED ROTARY MACHINES WITH NON-CONTACT BEARINGS IN MODERN TECHNOLOGY

AV. Smirnov, A.V. Kosmynin, V.S. Schetinin, A. S. Khvostikov

*Komsomolsk-na-Amure State University*

**Annotation.** The bearing unit is one of the most important components that determine the efficiency and reliability of the work device. This is especially important for high-speed rotary machines. Indicators that characterize the operation of a bearing unit are its performance characteristics, and various solutions will be used to improve them. In particular, bearings with low friction losses are of interest for high-speed rotary systems. One of these bearings is a combined gas-magnetic bearing, which is a promising direction in this field. Studies of the performance characteristics of a gas-magnetic bearing have confirmed its effectiveness in comparison with gas or magnetic bearings.

**Keyword:** high-speed rotary machines, non-contact bearing, performance characteristics, research.

### Введение

Эффективность работы современной техники зависит от различных факторов, связанных как непосредственно с самой конструкцией устройства и применяемыми материалами, так и с особенностями и режимами работы. Помимо этих факторов необходимо еще учитывать и степень влияния отдельного элемента или узла конструкции на работу всей установки. Одним из важнейших узлов таких агрегатов, как роторные машины, является подшипниковый узел. От работоспособности и надежности его работы во многом зависит эффективность работы всей машины. Особенно это влияние возрастает при увеличении скоростей вращения роторов. В связи с этим, совершенствованию подшипниковых узлов уделяется постоянное внимание. К тому же, и сфера применения высокоскоростных роторных машин весьма обширна. Это высокоскоростное обрабатывающее оборудование различных

сфер применения (включая зубную технику), турбинное и компрессорное оборудование (включая турбокомпрессоры и турбодетандеры), приборы и др. Соответственно улучшение эксплуатационных характеристик подшипниковых узлов высокоскоростных роторных машин представляется весьма актуальной задачей.

Существуют различные пути улучшения эксплуатационных характеристик подшипниковых узлов: совершенствование конструкции и характеристик уже применяемых в конкретных роторных системах типов подшипников, использование новых материалов и др. Одним из наиболее интересных способов является внедрение в существующие роторные системы других типов подшипников. Основными типами подшипников являются подшипники качения, скольжения жидкостные, скольжения газовые, магнитные или электромагнитные и комбинированные подшипники. Все они сегодня применяются в технике, и для них есть устоявшиеся области применения. Особый интерес представляют подшипники с малыми потерями на трение – газовые и электромагнитные. И в последнее время область их применения все больше расширяется. Применение таких опор стало возможно не просто в высокоскоростных роторных системах (что естественно), но и в роторных системах с роторами больших масс.

Научный коллектив Комсомольского-на-Амуре государственного университета занимается исследованием бесконтактных подшипников уже более 25 лет. При этом последнее десятилетие большое внимание уделяется новому комбинированному типу подшипников – газоманнитным опорам. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки Хабаровского края в рамках исполнения соглашения № 73с/2020 от 24.08.2020 г. Ниже представлены некоторые результаты исследований газоманнитных подшипников.

### Методика расчета

Газоманнитный подшипник по сути представляет собой комбинацию газостатической и электромагнитной опор. Упрощенная конструктивная схема такого подшипника приведена на рис. 1.

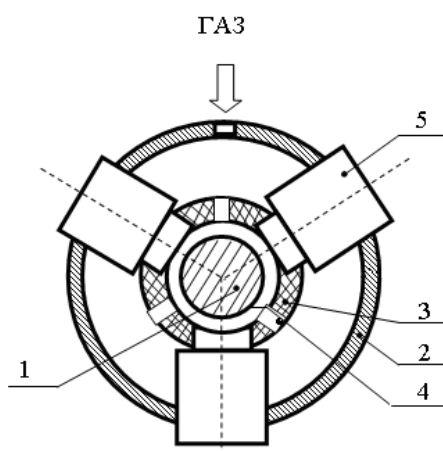


Рис. 1 - Конструктивная схема газоманнитного подшипника:

1 – вал; 2 – корпус; 3 – вкладыш; 4 – питательное отверстие; 5 - магнитопровод

Принцип действия заключается в следующем. Газ (сжатый воздух) поступает сначала в камеру между корпусом и вкладышем подшипника, а затем через питающие дискретные отверстия в зазор между валом и вкладышем. Вместо питающих отверстий могут быть установлены пористые вставки. Таким образом, обеспечивается газостатический режим работы подшипника. Помимо этого, в корпусе подшипника размещены три магнитопровода, обеспечивающие электромагнитный режим работы подшипника. Совместное действие газовых и магнитных сил повышает эффективность работы бесконтактного подшипника и улучшает его эксплуатационные характеристики.

Определение эксплуатационных характеристик подшипника является одной из основных целей исследования опор. При этом применяются как численные, так и экспериментальные методы исследования.

Основными эксплуатационными характеристиками подшипника являются несущая способность и жесткость смазочного слоя. Несущая способность газоманитного подшипника определяется двумя составляющими: от газовых и магнитных сил.

Первым этапом определяется несущая способность подшипника на основе рассчитанного поля давления газа в смазочном слое подшипника. Само поле давления рассчитывается путем численного решения модифицированного уравнения Рейнольдса. При выводе указанного дифференциального уравнения принимаются следующие допущения относительно течения газа в смазочном слое:

- течение газа в зазоре подшипника изотермическое, а сам газ сжимаем и удовлетворяет уравнению состояния;
- радиус вала ротора намного больше толщины смазочного слоя;
- толщина смазочного слоя такова, что позволяет пренебречь течением в пленке в направлении нормали к стенкам подшипника и считать давление в этом направлении неизменным;
- массовые и инерционные силы пренебрежительно малы по сравнению с силами вязкого трения и восстанавливающей силой смазочного слоя, уравновешивающей внешнюю нагрузку;
- режим работы подшипника стационарный.

Поле давления в зазоре такого подшипника определяется из решения хорошо известной в теории газовой смазки системы уравнений: уравнение политропы, уравнение неразрывности, уравнение движения и уравнение энергии.

В результате совместного решения системы дифференциальных уравнений при одновременном введении безразмерных параметров (относительная длина подшипника, относительное давление газа, относительный зазор между валом и вкладышем, угловая координата) и таких дополнительных параметров, как параметр питания подшипника и число сжимаемости, получаем дифференциальное уравнение для определения поля давления газа в смазочном слое подшипника.

Для решения дифференциального уравнения последнее представляется в конечно-разностной форме, после чего проводится численное интегрирование.

В результате может быть получено поле давления газа в смазочном слое подшипника и, как следствие, могут быть определены несущая способность, и, при необходимости, жесткость смазочного слоя и расход газа через питатели вкладыша.

Вторым этапом является определение тягового усилия магнита (электромагнита) на основе известного уравнения с использованием магнитной индукции, площади ферромагнитного тела и магнитной постоянной.

Таким образом, определенные составляющие несущей способности от газовых и магнитных сил позволяют определить несущую способность всей газоманитной опоры.

Созданная методика расчета эксплуатационных характеристик газоманитной опоры позволила провести широкомасштабные численные исследования, адекватность и достоверность которых подтверждается результатами экспериментальных исследований [1].

### **Обсуждения результатов**

В качестве объекта исследования – высокоскоростной роторной машины с газоманитной опорой – был выбран шпиндельный узел. Результаты численных и экспериментальных исследований эксплуатационных характеристик газоманитной опоры показали следующее.

Исследования зависимости коэффициента несущей способности подшипника от различных конструктивных и режимных параметров показали, что включение магнитного подвеса приводит к росту указанного коэффициента. При этом следует отметить, что коэффициент жесткости комбинированного подшипника несколько снижается по сравнению с газостатическим подшипником, что в целом не влияет на скорость и время обработки, но следует учитывать при оценке точности обработки.

Реконструированные траектории движения показывают, что при вращении шпинделя с включенным магнитным подвесом уровень вибрации уменьшается в несколько раз.

### **Заключение**

Проведенные исследования эксплуатационных характеристик газоманитных опор подтвердили их эффективность по сравнению с чисто газостатическими опорами. Несомненно, что необходимо продолжать дальнейшие исследования газоманитных подшипников с точки зрения совершенствования их конструкции, изучения режимов работы. Особенный интерес представляют вопросы, связанные с созданием эффективной системы управления такими опорами.

### **Литература**

1. Космынин, А.В. Газоманитные опоры высокоскоростных роторных систем: моногр. / А.В. Космынин, В.С. Щетинин, Н.А. Иванова, А.С. Хвостиков. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. 132 с.



УДК 621.313.322-81

## ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

А.С. Хвостиков, А.В. Смирнов, И.Ф. Гайнулин

*Комсомольский-на-Амуре государственный университет*

**Аннотация.** Наибольшие потери энергии тепловых электрических станций (до 60% энергии цикла) происходят в конденсаторе. Для утилизации теплоты конденсаторов паротурбинных установок находят применение турбины, работающие на органическом цикле Ренкина. Наиболее эффективная конструкция турбогенераторов возможна при повышении их частоты вращения. При повышении частоты вращения слабым местом конструкции являются подшипники. Предлагается в конструкции высокоскоростных турбогенераторов применять бесконтактные газоманнитные опоры.

**Ключевые слова:** турбогенератор, газоманнитные опоры, несущая способность, утилизация теплоты.

## HIGH-SPEED TURBO GENERATORS FOR UTILIZATION OF LOW-POTENTIAL ENERGY OF POWER PLANTS

A.S. Khvostikov, A.V. Smirnov, I.F. Gainulin

*Komsomolsk-na-Amure State University*

**Annotation.** The greatest energy loss of thermal power plants (up to 60% of the cycle energy) occurs in the condenser. For heat recovery of condensers of steam turbine installations, turbines operating on the organic Rankine cycle are used. The most efficient design of turbo generators is possible when their speed is increased. When the speed increases, the weak point of the design is the bearings. It is proposed to use contactless gas-magnetic supports in the design of high-speed turbo generators.

**Keyword:** turbo generator, gas-magnetic supports, load-bearing capacity, heat recovery.

### Введение

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки Хабаровского края в рамках исполнения соглашения № 73с/2020 от 24.08.2020 г.

Повышение эффективности работы электростанции возможно с помощью наиболее полного использования низкопотенциальных источников энергии. Низкопотенциальным источником считается источник теплоты с температурой меньше 230-300°C.

Утилизация низкопотенциальных источников активно применяется для повышения эффективности термодинамических циклов. Анализ тепловых потерь тепловых электростанций показывает, что наибольшими объемами потерь теплоты на электростанциях являются потери теплоты в паровых конденсаторах. В конденсационных турбоустановках в атмосферу сбрасывается до 50-60 процентов теплоты. Для сравнения: через дымовые трубы отдается до 10 % тепловой энергии. Использование сбросной теплоты конденсаторов для генерации ограничивается малой температурой.

### Описание устройства

Для утилизации низкопотенциальной теплоты наиболее часто применяют цикл Ренкина с альтернативными веществами с более низкой, чем у воды, температурой кипения. Органический цикл Ренкина (ОЦР) находит применение

при утилизации теплоты уходящих газов газовых турбин и ДВС, отходов крупных предприятий, в солнечной и геотермальной энергетике.

Однако для работы турбин на ОЦР требуется низкопотенциальное тепло с более низкими температурами. Наиболее низкие значения температур (около 70-80 °С) турбины на низкокипящем рабочем теле (НРТ) разрабатывают и применяются для утилизации геотермальной теплоты и энергии солнца. Особое место занимают включение в работу ОЦР совместно с противодавленческими турбинами, турбины с теплофикационным отбором и водогрейным котлом, где применение ОЦР позволяет увеличить маневренность работы основного оборудования в периоды низкого потребления теплоты. Снижение температуры ОЦР более чем на 20-30°С приводит к значительному снижению эффективности и экономических показателей [1]. Потому применение утилизации теплоты конденсатора не находит должного применения в энергетических установках электрических станций. Данная работа направлена на поиск путей утилизации энергии конденсации в энергетических установках паротурбинных электростанций.

По данным исследований, при снижении температуры теплоносителя электрический КПД ОЦР снижается (рис. 1). Существуют предложения по использованию энергии турбин с противодавлением для подогрева НРТ, которое в дальнейшем используется при выработке электричества в ОЦР. При использовании паровых турбин с конденсатором возможно для подогрева НРТ использовать отборы, что исключит работу турбины на влажном паре. Рабочее тело подогревается в таких установках последовательно в теплообменниках подогрева, кипения и перегрева.

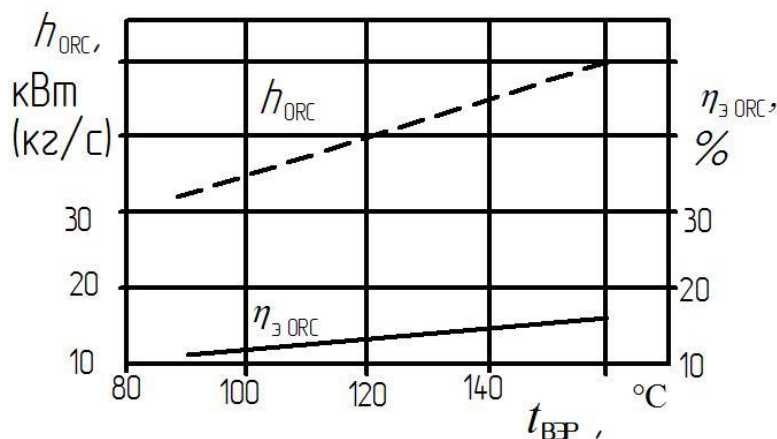


Рис. 1 - Влияние КПД ОЦР от температуры низкокипящего источника

Применение ОЦР для утилизации теплоты из конденсатора имеет большее количество преимуществ:

- Включение ОЦР в пароводяной цикл генерации теплоты позволяет изменить конденсатор с водяным охлаждением на более совершенный конденсатор с охлаждением, кипящим холодильным агентом в конденсаторе-испарителе.

- Снижение температуры конденсации позволяет повысить эффективность работы паровой турбины за счет увеличения теплоперепада.

- Турбины на НРТ имеют более высокий внутренний КПД по сравнению с паровыми турбинами аналогичной мощности, что позволяет получать большее количество электрической энергии.

- Высокая плотность НРТ позволяет снизить размеры конденсатора и применить воздушный конденсатор.

- Из элементов обслуживания электрической станции исключается водоподготовка, и как следствие отсутствует необходимость дегазации и деминерализации подпиточной воды.

- Отсутствие стояночной коррозии и эрозийного износа лопаток турбины на НРТ позволяет повысить надежность работы.

- Высокая автоматизация, простота обслуживания и среднегодовая наработка (в первые 5 лет достигает 98%).

Недостатки турбин на НРТ (взрывоопасность и влияние на озоновый слой) устраняются достижениями в области создания герметичных сосудов. Необходимость индивидуальной разработки объектов ОЦР и отсутствие серийных производств делает цену на теплоэнергетическое оборудование довольно высокой, что компенсируется выгодой от их установки.

### **Выбор опор высокоскоростного турбогенератора**

Для снижения массогабаритных показателей таких турбин предлагается применение высокоскоростных турбогенераторов. Высокоскоростные турбогенераторы оценены многими проектировщиками и производственными предприятиями [4,5]. Повышение частоты вращения до высокоскоростных или сверхвысокоскоростных значений позволяют значительно снизить диаметр ротора генератора и турбинной части. Максимальная мощность генератора обратно пропорциональна квадрату частоты вращения и прямо пропорциональна кубу линейной окружной скорости. Окружная скорость также пропорциональна частоте вращения. Поэтому при сохранении мощности увеличение частоты вращения позволяет существенно снизить диаметр установки.

В работе [6] отмечается повышение трения в подшипниках при увеличении частоты вращения. В работе [5] также утверждают, что наиболее ненадежным элементом высокоскоростного турбогенератора являются подшипники. В конструкциях турбогенераторов применяют гидростатические подшипники скольжения и высокоскоростные подшипники качения, смазываемые жидкой смазкой [7]. Большое количество работ по высокоскоростным подшипникам подтверждает ее актуальность, однако ограничения повышения частоты вращения позволяют говорить об отсутствии решения.

Подшипники качения имеют высокий шум и низкую надежность работы при больших скоростях из-за возможности разрушения сепаратора от действия центробежных сил и высокое сопротивление вращению.

Масляные гидродинамические подшипники при повышении частоты вращения требуют оснащения системой охлаждения и контроля над системой подачи смазки. Такие подшипники также имеют большие потери на трение, особенно в момент пуска, и большой расход смазочного материала.

Газовые подшипники и активные магнитные опоры также не находят применения в конструкциях турбогенераторах вследствие имеющихся у них недостатков. Несущая способность газодинамических подшипников зависит от частоты вращения, и при разгоне несущая способность отсутствует. Магнитные подшипники имеют сложную систему управления. Однако отсутствие трения поверхностей и их изнашивания позволяет говорить о перспективности их совершенствования.

### Результаты исследования

В Комсомольском-на-Амуре государственном университете разработана конструкция газоманитной опоры, позволяющая совместить преимущества как газовых, так магнитных подшипников. Газостатические подшипники, являющиеся самоустанавливающимися, значительно сокращают сложность системы управления. Магнитные силы газоманитных опор значительно увеличивает несущую способность таких опор и сокращают величину магнитных составляющих сил подшипников [8-9].

На основании проведенных исследований с помощью методики, описанной в [10], можно сделать вывод о достаточной несущей способности подшипников. Несущая способность подшипников характеризуется с помощью относительной нагрузки (рис. 2). Относительная нагрузка – это нагрузка, относящаяся к площади опоры.

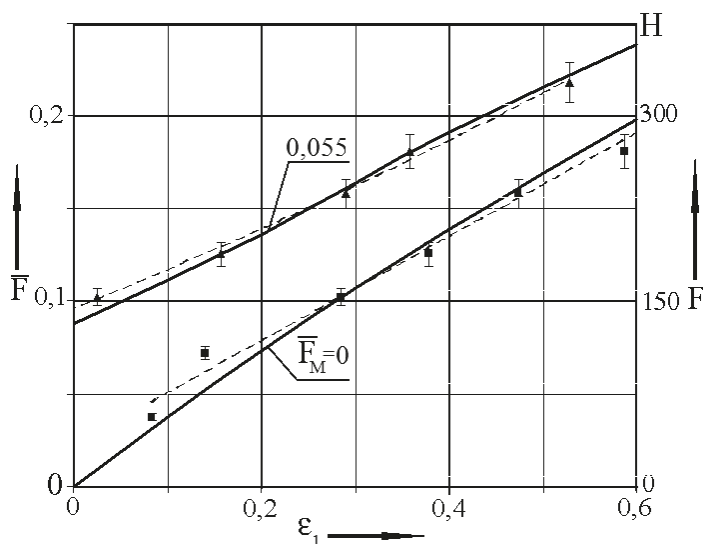


Рис. 2. Зависимости относительной нагрузки  $\bar{F}$  (нагрузки  $F$ ) от относительного эксцентриситета  $\varepsilon_1$ : — — теория; ---- — опыт

Применение магнитной составляющей позволяет снизить вибрацию и значительно повысить несущую способность газостатических опор.

## Список литературы

1. Гафуров А.М. Перспективы использования бинарных циклов в утилизации низкопотенциальной теплоты на геотермальных электростанциях / А.М. Гафуров, Б.М. Осипов, Н.М. Гафуров, Р.З. Гатина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 5-6. С. 14-24.
2. Голубева Л.Ф. Применение фреоновых технологий на тепловых электрических станциях / Л.Ф. Голубева, О.К. Григорьева, А.А. Францева // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2016. № 4 (65). С. 164-174.
3. Шубенко А.Л. Утилизация сбросной теплоты технологических процессов промышленного предприятия с целью выработки электроэнергии / А.Л. Шубенко, Н.Ю. Бабак, А.В. Сенецкий, В.А. Маляренко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2012. № 7 (101). С. 23-29.
4. Антипов В.Н. Закономерности изменения параметров размерного ряда турбогенераторов для децентрализованной энергетики / В.Н. Антипов, А.Д. Грозов, А.В. Иванова // Электричество. 2014. № 5. С. 18-23.
5. Шумов Ю.Н. Состояние и перспективы развития высокоскоростных электрических машин для малой энергетики / Ю.Н. Шумов, А.С. Сафонов // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 5 (85). С. 65-68.
6. Антипов В.Н. Оценка систем охлаждения высокоскоростных мини-турбогенераторов / В.Н. Антипов, А.Д. Грозов, А.В. Иванова // Электричество. 2017. № 6. С. 36-42.
7. Хвостиков А.С. Повышение стабильности работы высокоскоростных газовых турбин / А.С. Хвостиков // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 4-2. С. 256-260.
8. Космынин А.В. Газомагнитные опоры высокоскоростных роторных систем: / А.В. Космынин, В.С. Щетинин, Н.А. Иванова, А.В. Смирнов, Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 131 с.
9. Космынин А.В. Управление работой газомагнитной опоры. А.В. Космынин, А.В. Ульянов, В.С. Щетинин, А.В. Смирнов Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018.- 128 с.
10. Космынин А.В. Стенд для исследования выходных характеристик шпиндельного узла на газомагнитных опорах / А.В. Космынин, В.С. Щетинин, Н.А. Иванова, А.С. Хвостиков // СТИН. 2010. № 5. С. 8-10.

### СЕКЦИЯ 3. НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Председатель секции: кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Наземные транспортные системы» Ястребов Геннадий Юрьевич

УДК 621.436.019:62–634.4

#### РАБОТЫ ПО УМЕНЬШЕНИЮ УРОВНЯ ШУМА ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ

Е.М. Артеменко

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный технический университет им. И.И.Ползунова»*

**Аннотация.** По результатам натурных испытаний транспортных машин и по результатам испытаний дизелей Д20НР-250, УТД-29, ЯМЗ-238БВ, КамАЗ-740 оценивается возможность применения глушителей и пористых нейтрализаторов на транспортных машинах.

**Ключевые слова:** транспортная машина, дизель, глушитель, нейтрализатор.

#### WORK TO REDUCE THE NOISE LEVEL OF TRANSPORT VEHICLES

E.M. Artemenko

*Rubtsovsky industrial Institute (branch) of FSBEI HE «Altai state technical  
University. I.I. Polzunova»*

**Annotation.** Based on the results of field tests of transport vehicles and on the results of tests of diesel engines D20NR-250, UTD-29, YAMZ-238BV, KAMAZ-740, the possibility of using silencers and porous neutralizers on transport vehicles is estimated.

**Key words:** transport vehicle, diesel, silencer, neutralizer

Дизель транспортной машины, являющийся источником энергии, ее преобразователем, представляет собой источник колебаний, в том числе звуковых [2]. Чем больше мощность дизеля и в целом транспортной машины на единицу объема или поверхности, тем больше будет вызываемый ими шум. С ростом удельной габаритной мощности быстроходных дизелей и транспортных машин вопрос о снижении и мерах борьбы с распространяемыми ими шумами становится все более актуальным [1, 3].

Если принять уровень звукового давления за 100%, на двигатель приходится 96...98%, а на систему выпуска, впуска, вентиляцию и др. приходится 97...98% [2].

Звуковая мощность дизеля, в свою очередь, разделяется так: доля топливной аппаратуры – 7,5...10%; доля шестерен приводов – 8...9%, доля топливного насоса высокого давления (ТНВД) – 6,25%, доля форсунок – 4,75%, доля муфты опережения начала впрыска – до 1%.

Необходимо учитывать, что эксплуатация транспортных машин происходит в две – три смены, поэтому водитель находится в звуковом поле в течение рабочего дня не менее 6 часов. Это обстоятельство коренным образом изменяет сам подход к вопросу снижения шума дизелей на транспортных машинах. При достаточно продолжительном воздействии шума повреждение органов слуха и его чувствительности может происходить при меньших уровнях звукового давления [3], у 40% людей вызывают остаточное понижение

слуха на 20 дБ при многолетней работе, таким образом, водитель транспортной машины получает профессиональное заболевание.

По данным испытаний предприятия – изготовителя транспортных машин, уровни звукового давления на местах водителя практически всех модификаций транспортных машин, в полосе частот 63...1000 Гц превышают на 8...17 дБ, уровни звука – на 12...16 дБА, а на местах пассажиров на 10...12 дБА. Нормативное значение допустимого уровня звука по ГОСТ 12.1.003-2014 составляет 80 дБА [1, 4].

Несмотря на то, что при использовании средств индивидуальной защиты уровни звукового давления снижаются в полосе частот 100...8000 Гц на 20...40 дБ, при работе транспортных машин следует приближать условия труда в них к условиям труда, имеющим место в автомобилях и тракторах [1, 5].

Согласно правилу №51 ЕЭК ООН и требованиям стандартов России, предельно-допустимый уровень внешнего шума соответствует 83 дБА. Для сравнения требование стандарта 92/97/EWG (Германия) для двигателей мощностью свыше 150 кВт составляет 80+1 дБА, Швейцарии – 84+1 дБА. Некоторые результаты экспериментальной оценки приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты анализа внешнего шума транспортного дизеля Д20НР-250 со средствами глушения шума выпуска

Уровень внешнего шума, дБА			Превышение допустимого уровня шума, дБА		
Без средств глушения шума	С глушителями выпуска СБ-220 «Барнаул-трансмаш»	С пористыми нейтрализаторами	Без средств глушения шума выпуска	С глушителем выпуска	С пористым нейтрализатором
120,7	113,1	111,7	1,45	1,36	1,34

Необходимо отметить, что установка глушителей на выпуске дизеля Д20НР-250 приводит не только к снижению уровня шума на 7,6 дБ, но и к увеличению противодавления выпуску на холостом ходу при 2855 мин<sup>-1</sup> до 1050...1230 мм вод. ст., до 1220...1340 мм. вод.ст. при 2600 мин<sup>-1</sup>. В последнем случае это приводит к снижению мощности с 168 до 142 кВт. При 2300 мин<sup>-1</sup> мощность снижается с 162,5 кВт до 148,5 кВт, а удельный расход топлива увеличивается на 10,3 г/(кВт·ч).

В глушителях использованы два физических эффекта – резонанс и звукопоглощение, и глушение шума происходит в широком диапазоне частот.

Установка каталитического нейтрализатора с пористыми проницаемыми блоками вместо глушителей позволила снизить уровень шумности выпуска на 9 дБА с сохранением противодавлений выпуску на уровне штатного глушителя.

В пористых проницаемых каталитических блоках звуковые волны гасятся за счет интерференции и звукопоглощения. Отсутствие свободного прохода отработавших газов, сложная форма каналов, образуемых пористой структурой, обеспечивает эффективное глушение шума выпуска. В конструкциях нейтрализаторов, апробированных при выполнении данной работы, были использованы пористые проницаемые металлокерамические блоки.

При испытании дизеля УТД-29 в составе транспортной машины на бетоне обнаружено превышение предельно допустимого уровня звука в октавных полосах 63...8000 Гц на 18...26 дБА в движении, а на стоянке в октавных полосах 63...2000 Гц – до 17 дБА.

Необходимо учитывать, что высокий уровень шумности двигателя обусловлен не только объемным смесеобразованием, эжекционным (без глушителя) выпуском, но и высокими частотами вращения коленчатого вала.

Данные испытаний нейтрализаторов и глушителей приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты анализа внешнего шума транспортного дизеля УТД-29 со средствами глушения шума выпуска

Уровень внешнего шума, дБА			Превышение допустимого уровня шума, дБА		
Без средств глушения шума	С глушителями выпуска СБ-220 «Барнаул-трансмаш»	С пористыми нейтрализаторами	Без средств глушения шума выпуска	С глушителем выпуска	С пористым нейтрализатором
121,3	112,8	110,6	1,46	1,35	1,33

Из данных таблицы 2 видно, что без средств глушения допустимый уровень шумности дизеля УТД-29 превышает в 1,46 раза, с глушителем завода – в 1,35 раза, а с каталитическим нейтрализатором (без глушителя) – в 1,33 раза. В результате полученных данных можно сделать вывод, что нейтрализатор с пористыми блоками может служить как для очистки отработавших газов, так и для глушения шума выпуска.

Применение дизелей с объемно-пленочным смесеобразованием приводит к значительному снижению шума выпуска. Если для дизелей с объемным смесеобразованием уровень внешнего шума составлял 120,7 и 121,3 дБА, то для дизелей с объемно-пленочным смесеобразованием – 97 и 99,2 дБА. Это объясняется не только существованием менее шумных рабочих процессов, но и снижением частот вращения с 2800...2600 мин<sup>-1</sup> до 2600...2100 мин<sup>-1</sup>.

Из данных таблицы 3 видно, что при установке глушителя КамАЗ на выпуске уровень внешнего шума дизеля ЯМЗ-238БВ снижаются на 6,11 дБА, а при установке каталитического нейтрализатора с пористыми проницаемыми стенками – на 16,3 дБА.

Таблица 3 - Результаты анализа внешнего шума транспортного дизеля ЯМЗ-238БВ со средствами глушения шума выпуска

Уровень внешнего шума, дБА			Превышение допустимого уровня шума, дБА		
Без средств глушения шума	С глушителями выпуска КамАЗ	С пористыми нейтрализаторами	Без средств глушения шума выпуска	С глушителем выпуска	С пористым нейтрализатором
97,0	90,89	80,7	1,168	1,09	1,008



Анализ внешнего шума дизеля КамАЗ-740-10 показал, что уровень внешнего шума при установке глушителя может снижаться с 99,2 до 92,9 дБА, а при установке нейтрализатора – до 91,76 дБА (таблица 4).

Таблица 4 - Результаты анализа внешнего шума транспортного дизеля КамАЗ-740-10 со средствами глушения шума

Уровень внешнего шума, дБА			Превышение допустимого уровня шума, дБА		
Без средств глушения шума	С глушителям и выпуска КамАЗ	С пористыми нейтрализаторами	Без средств глушения шума выпуска	С глушителем выпуска	С пористым нейтрализатором
99,2	92,9	91,76	1,195	1,12	1,11

Двигатели с объемно-плёночным смесеобразованием по уровням внешнего шума наиболее пригодны для установки на транспортные машины и при доработке глушителей и нейтрализаторов могут соответствовать требованиям стандартов.

Однако необходимо отметить то, что установка глушителей и нейтрализаторов возможна лишь при изменении систем охлаждения и выхлопа.

Лучшие результаты по уменьшению внешнего шума дизеля ЯМЗ-238БВ получены с применением пористого каталитического нейтрализатора 80,7 дБА. Данные работы по уменьшению шума продолжаются.

#### Список литературы

1. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов, И.В. Горенштейн и др.; Под общ. ред. Е.Я. Юдина. - М.: Машиностроение, 1985. - 400с.
2. Дизели: Справочник / Под ред. Ванштайра - Л.: Машиностроение, 1977. - 480с.
3. Луканин В.Н. Шум автотракторных двигателей внутреннего сгорания. - М.: Машиностроение, 1971. - 271с.
4. ГОСТ 12.1.003 - 2014. Шум. Общие требования безопасности. - М.: Изд-во стандартов, 2015. - 24с.
5. ГОСТ 12.1.050 - 86. Методы измерения шума на рабочих местах. - М.: Изд-во стандартов, 1986. - 16с.

#### УДК 368

### СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ КОНКУРЕНЦИИ В РАМКАХ ЗАКУПОК ПО СТРАХОВАНИЮ ГРУЗОВ

Е.А. Макаренко

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения*

**Аннотация.** В статье приведен анализ текущего состояния рынка государственных и коммерческих закупок по страхованию грузов в России. Рассмотрены основные возможные коррупционные моменты в закупках и проблемы в разрезе технических заданий заказчиков.

Сделано обоснование по изменению перечня требований и оценки квалификации участников закупок, предложены мероприятия по исправлению ситуации в плане повышения транспарентности закупок данного вида страхования.

**Ключевые слова:** страхование, транспорт, грузы, закупки, электронный аукцион

## CONTEMPORARY PROBLEMS OF LIMITING COMPETITION IN THE FRAMEWORK OF PURCHASING IN CARGO INSURANCE

E.A. Makarenko

*St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation*

**Abstract.** The article provides an analysis of the current state of the market for government and commercial purchases of cargo insurance in Russia. The main possible corruption issues in procurement and problems in the context of technical specifications of customers are considered. A justification was made for changing the list of requirements and assessing the qualifications of procurement participants, measures were proposed to remedy the situation in terms of increasing the transparency of procurement of this type of insurance.

**Keyword:** insurance, transport, cargo, procurement, electronic auction

Ежегодно в России проводятся закупки по страхованию грузов на сотни миллионов рублей. Данные закупки являются объективной необходимостью, т.к. по действующим как внутренним, так и международным договорам большинство грузоперевозок должны быть застрахованы. Страхование грузов достаточно специфический вид страхования и в отличие от ОСАГО не такой стандартизированный. С одной стороны, он требует зачастую серьезного андеррайтинга и знания специфики грузоперевозок, с другой - отличается низкой частотой убытков и общей низкой убыточностью по портфелю основных страховщиков грузов [2]. В рамках государственного контракта обычно происходит заключение генерального договора по страхованию грузов на год и заказчик либо уведомляет страховщика о перевозках заранее, либо скидывает отчет (бордеро) о проведенных перевозках раз в месяц.

Закупка страховой защиты осуществляется обычно в рамках Федерального закона № 44-ФЗ от 5 апреля 2013 года «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» или Федерального закона от 18 июля 2011 года № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» [7]. Закупки по 44-ФЗ до 2019 года могли проходить через запросы котировок, что позволяло оперативно и без лишнего документооборота заключать договоры страхования, с 1 января 2019 г. такие закупки проходят, как правило, в электронной форме [6].

Как правило, закупки проходят в рамках конкурсов, а не электронных аукционов. С одной стороны, это связано с требованиями к исполнителям контракта, с другой, при организации электронного аукциона можно отметить, что определяющую роль играет цена, и, соответственно, тот подрядчик, который предложит в ходе торгов самую низкую цену, и выигрывает контракт. Последнее зачастую приводило к тому, что в погоне за легкими деньгами страховые компании с плохим финансовым положением начинают демпинг по государственным контрактам в надежде, что контракт окажется неубыточным.

Вторая возможная причина - планы, получив средства, их вывести и обанкротить страховую компанию, например, как это случилось с ООО «Страховая компания «Респект» [3]. В ряде случаев стоит отметить, что решение о выборе поставщика принимается без конкурса на условиях «Закупки у единственного поставщика» по максимальной цене контракта [4].

Часть заказчиков могут избегать прямых закупок страхования грузов и предпочитают переложить данные расходы на перевозчика, так, например, поступает АО «ОДК-Климов» проводя, например, закупку по «оказанию транспортных услуг (включая страхование грузов)» (номер в единой информационной системе закупок - 31807181041). Соответственно, этим заказчик снимает с себя ответственность за выбор страховщика, передавая на аутсорсинг данную закупку. Опасность данных действий заключается в том, что перевозчик, участвуя в закупке по своему основному направлению, расходы на страхование будет формировать по остаточному принципу, что может приводить к их минимизации и существенному сужению страхового покрытия. Кроме того, необходимо учитывать то, что перевозчик обычно не является профессионалом в области страхования, поэтому при осуществлении страхования грузов будет руководствоваться прежде всего своими интересами, а не интересами заказчика.

Если рассматривать аутсорсинг в рамках закупок по страхованию грузов, можно отметить, что крупные государственные корпорации (АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» и Государственная корпорация по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции «Ростех») осуществляют большую часть страхования через аффилированных страховых брокеров, соответственно (ООО «Страховой брокер «Мирное небо», АО «Атомный страховой брокер», ООО «Страховой брокер «РТ-Страхование»). Безусловно, страховой брокер – это не благотворительная организация, и его работа по подбору страховой организации должна быть оплачена. Как бы ни была оплачена данная услуга (по агентскому договору страховщиком или по брокерскому договору – страхователем), в конечном итоге дополнительная финансовая нагрузка (как правило, 10 % и более от страховой премии) ложится на заказчика, удорожая общую стоимость закупок.

Безусловно, брокер отстаивает свою позицию, заявляя тем, что «Программы создаются на базе очень тщательной, скрупулёзной проработки возможных рисков для страхуемых объектов» [9], однако, в 90% случаев все грузы страхуются стандартно по наиболее полному набору рисков (тип покрытия «А»), т.е. производится страхование грузов от «Всех рисков». В связи с этим фраза об индивидуальной проработке остается под большим вопросом. Можно также отметить, что через брокера идут закупки не только страхования грузов, но и весьма прозаичные и стандартизированные годами закупки по страхованию автотранспортных рисков. Если рассматривать пул компаний, с которым работают брокеры, то возникают серьезные вопросы к прозрачности его формирования и попадания туда новых или выбытия старых.

В настоящий момент в отношении интересов Государственной корпорации «Ростех» и входящих в ее структуру ряда компаний имеются ограничения, прямо или косвенно связанные с решениями органов иностранных государств или международных организаций и препятствующие перестрахованию обязательств по страховой выплате по договору страхования на международном рынке перестрахования (санкции). В связи с этим в целях обеспечения гарантии выполнения обязательств по выплате страхового возмещения по договору страхования на момент проведения закупок победитель закупки обязан разместить сверх собственного нетто удержания в предварительное перестрахование на российском национальном перестраховочном рынке и/или перестраховочных рынках стран Содружества Независимых Государств (СНГ), без передачи страховой ответственности на иные перестраховочные рынки, максимальную страховую ответственностью по Договору, на следующих условиях:

- принятые доли ответственности участников перестраховочной защиты (перестраховщиков) не должны превышать размер их собственного нетто удержания, установленный учетной политикой соответствующего перестраховщика;

- условия перестрахования не должны содержать оговорки (положения) или условия о возможности отсутствия обеспечения страхового покрытия и/или отказа в выплате страхового возмещения («отсрочки» выплаты до момента устранения санкционных ограничений) в случае, если такое страховое покрытие или выплата возмещения по доле перестраховщика по нему нарушают санкции, запреты или ограничения в соответствии с резолюциями ООН, торговыми или экономическими санкциями, законами, предписаниями, постановлениями или инструкциями Европейского Союза, Великобритании или Соединенных Штатов Америки.

Все это позволяет отсекаать на этапе формирования технического задания многих страховщиков, ставя изначально большие страховые суммы по перевозкам.

Здесь наиболее эффективной системой была бы прозрачная программа аккредитации страховой компанией заказчиков с понятной процедурой и требования для страховщиков, как, например, это принято в ПАО «Нефтяная компания «Роснефть», где каждая процедура закупок страховых услуг содержит хоть и достаточно емкую, но прозрачную систему попадания в перечень исполнителей данной компании [1].

Закон N 223-ФЗ не содержит регламентации случаев закупки у единственного поставщика. Законом N 223-ФЗ предусмотрено право заказчиков осуществлять закупку товаров, работ, услуг путем проведения конкурсов и аукционов, а также иными способами. При этом заказчик вправе закупать любые товары, работы, услуги у единственного поставщика по своему усмотрению. Часть заказчиков, пользуясь разработанными положениями о закупках, вообще вывели страхование из тендеров и закупают страховые услуги (в том числе и страхование грузов) прямыми договорами, без конкурсов,

например АО «ГОЗНАК» (номера в единой информационной системе закупок - 31705525954, 31705226559, 31604600261, 31603287408).

В настоящий момент Закон N 223-ФЗ не содержит закрытого перечня видов, способов закупок и регламентации выбора способа закупок, что приводит к сокрытию реального числа закупок у единственного поставщика. Количество «иных способов» закупок, проводимых заказчиками, продолжает увеличиваться (например, «закупка на основе долгосрочных договоров», «без проведения торгов», «чрезвычайные закупки», «безальтернативный выбор», «без рассмотрения конкурирующих предложений», «без проведения торгов: выбор предложений из сводного прайс-листа»). Вместе с тем гражданское законодательство определяет лишь две формы заключения договора на конкурентной основе - конкурс и аукцион. Отсутствие в Законе N 223-ФЗ требований к способам закупок привело к тому, что заказчиками применяется уже более 4 480 способов определения поставщика, которое, в том числе, маскируют закупки у единственного поставщика, т.е. без конкурса. Многообразие способов закупок негативным образом отражается на обеспечении прозрачности закупок и добросовестной конкуренции между участниками закупок.

Вообще, можно отметить, что Закон N 223-ФЗ не содержит регламентацию процедур закупок, критериев оценки заявок, исчерпывающего перечня требований к участникам закупок и отбора победителя, что может приводить к реальному участию в закупке одного-двух участников, где второй участник может выступать техническим кандидатом, создавая видимость конкуренции.

Еще одним способом выбора «нужного» поставщика является проведение закупок на сайтах операторов электронных площадок, аффилированных с заказчиком. В Законе N 223-ФЗ и подзаконных актах отсутствуют требования к операторам электронных площадок и механизмы, препятствующие проведению закупок на аффилированных электронных площадках, которых появилось чрезвычайно большое количество, так, в 2019 году их насчитывалось 84 штуки [5]. При этом количество электронных торговых площадок, проводящих коммерческие закупки (не в рамках 44-ФЗ или 223-ФЗ), исчисляется сотнями [8]. Все указанное приводит к тому, что большинство закупок, проводимых на сайтах операторов электронных площадок, признаются несостоявшимися по причине участия в закупке одной организации, т.к. регистрироваться на данных площадках ради участия в одной конкурсной процедуре не имеет экономического смысла для потенциальных исполнителей.

Формирование единого реестра заказчиков с прозрачной системой убытков (где это представляется возможным с точки зрения обеспечения безопасности обороны государства), введение стандартов по рискам и критериям оценок, а также уменьшение количества закупок у единственного поставщика – это только небольшой, но уже эффективный вектор к развитию транспарентности данного направления страхования, а также к снижению затрат государства на данный вид из-за исключения ненужных затрат на посредничество.

### Список литературы

1. Божук С.Г., Плетнева Н.А., Евдокимов К.В., Белинская И.В. Взаимосвязь маркетинга и инноваций в реализации рыночной ориентации организации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2018. № 6 (73). С. 186-188.
2. Дроздов Г.Д., Макаренко Е.А., Пастухов А.Л. Моделирование процессов страхования // Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики. Санкт-Петербург, 2011.
3. Макаренко Е.А., Борисов А.С. Влияние нейромаркетинга на технологии продвижения новых продуктов // Актуальные проблемы экономики и управления. 2019. № 3 (23). С. 38-40.
4. Макаренко Е.А., Евдокимов К.В., Саморуков В.И., Кожевников А.А. Рынок сельхозстрахования в России: итоги 2018 года и пути развития до 2020 года. // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции: посвящается 115-летию Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Санкт-Петербург, 2019. С. 171-176.
5. Макаренко Е.А., Песоцкий А.Б. Применение методов геймификации и телематики в страховании автотранспорта в России // Инновационная деятельность. 2019. № 4 (51). С. 92-100.
6. Макаренко Е.А., Песоцкий А.Б. Применение телематики и принципов геймификации в сфере страхования: зарубежный опыт и российская практика // Сборник: Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты. Труды II Международной научно-практической конференции. 2019. С. 447-452.
7. Моськин А.В., Макаренко Е.А. Совершенствование механизма обеспечения страховой защиты спортсменов // Сборник: Физическая культура студентов: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 38-41.
8. Модернизация бизнеса и образования в условиях инновационного реформирования. Коллективная монография // СПб.: Из-во СПбГУСЭ, 2010.
9. Страховой брокер Мирное небо. [Электронный ресурс] <http://www.sbm.ru/wp-content/uploads/2018/09/SST4-mirnoenebo.pdf> (дата обращения: 01.07.2020).

## СЕКЦИЯ 4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ, МЕХАНИЗМЫ

**Председатель секции:** кандидат технических наук, и.о. заведующего кафедрой «Строительство и механика» Михайленко Олег Анатольевич

УДК 621.65.03

### АНАЛИЗ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.Н. Довгаль<sup>1</sup>, И.А. Бахтина<sup>1</sup>, А.Н. Корнеев<sup>2</sup>

*1. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

*2. Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Рассмотрены основные причины понижения эффективности насосного оборудования в ходе его эксплуатации и даны рекомендации по оптимизации и повышению энергоэффективности насосного оборудования.

**Ключевые слова:** насосная установка, энергоэффективность, параметры работы, анализ, регулирование.

### ANALYSIS AND WAYS TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF PUMPING EQUIPMENT

A.N. Dovgal<sup>1</sup>, I.A. Bakhtina<sup>1</sup>, A.N. Korneev<sup>2</sup>

*1. Altai State Technical University named after I.I. Polzunova*

*2. Rubtsovsky Industrial Institute (branch) of the federal government's budget educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunova"*

**Annotation.** The main reasons for the decrease in the efficiency of pumping equipment during its operation are considered and recommendations are given for optimizing and increasing the energy efficiency of pumping equipment.

**Key words:** pumping unit, energy efficiency, operating parameters, analysis, regulation.

Наиболее энергоёмким оборудованием практически в любой сфере промышленности и жилищно-коммунального хозяйства является насосное оборудование. Так, например, в нефтяной промышленности доля энергопотребления насосами составляет 60 %, в водоснабжении и водоотведении – 50 %, в целлюлозно-бумажной промышленности около 25 %. Поэтому при повышении энергоэффективности производства в целом в первую очередь целесообразно рассматривать понижение энергоёмкости и повышение эффективности насосного оборудования.

Как показывает практика, в ходе эксплуатации изменяются характеристики сети, на которые работает насосное оборудование, изменяются характеристики самого насоса, а следовательно, понижается КПД насосов. По данным финского научно-исследовательского центра, при обследовании 1690 насосов на 20

предприятиях было установлено, что средний КПД насосов составляет в среднем 40 %, при этом 10% насосов работают с КПД ниже 10 %.

Анализ параметров работы в ходе эксплуатации насосного оборудования показал, что основными причинами снижения его эффективности являются: изменение характеристик насоса вследствие подтачивания рабочего колеса, зарастания корпуса и т.п., переразмеривание (выбор насосов с большей подачей и напором), неэкономичный выбор режима работы насосов, возрастание сопротивления сети (трубопровода) ввиду отложений, коррозии и т.п.

В качестве основной причины, однако, можно назвать неверный подбор насосов под характеристики сети (трубопровода) и требования системы. Так, по данным пяти ведущих компаний-производителей насосного оборудования США, более 60% проданных насосов эксплуатируются вне рабочего диапазона, и в 95% случаев в этом виноваты потребители, которые предоставили неверные исходные данные.

Рассмотрим основные причины неэффективного использования насосного оборудования:

1. переразмеривание насосов, т.е. установка насосов с параметрами подачи и напора большими, чем требуется для обеспечения работы насосной системы;
2. Регулирование режима работы насоса при помощи задвижек.

Основными причинами переразмеривания насосов являются:

1. Заложение большого коэффициента запаса на стадии проектирования насосного оборудования. Коэффициент запаса закладывается с учётом непредвиденных пиковых нагрузок или перспективного развития предприятия, однако часто этот коэффициент берут с большим избытком и он может достигать 50%.

2. Изменение в ходе эксплуатации параметров сети (трубопроводов). Это может быть вызвано изменениями конфигурации сети ввиду ремонта, замены материала трубопроводов на другой, а следовательно, изменения шероховатости и сопротивления трубы, зарастания ввиду отложений и коррозий и т.п.

Основными методами снижения энергопотребления в насосных системах являются:

- 1) замена насосов на более эффективные – 2 %;
- 2) замена электродвигателей – 1–3 %;
- 3) подрезка рабочего колеса – до 20 %, в среднем 10 %;
- 4) каскадное регулирование при параллельной установке насосов – до 10–30 %;
- 5) использование дополнительных резервуаров для работы во время пиковых нагрузок – 10–20%;
- 6) простое снижение частоты вращения насосов при неизменных параметрах сети – до 40 %;
- 7) замена регулирования подачи задвижкой на регулирование частотным преобразователем позволяет снизить до 60 % энергопотребления.



Как показывает практика, замена насосов и двигателей на другие позволяет снизить энергопотребление на 2 – 3%, а зачастую на общую эффективность это не влияет, т.к. насосные установки необходимо рассматривать как комплекс совместно работающих насосов и сети. Наиболее перспективно применение оптимального регулирования насосной установки, при этом увеличение эффективности может составлять 60%, а срок окупаемости таких мероприятий около 1,5 – 2 лет.

Оптимизация насосной системы – это системный подход по оценке возможностей снижения энергопотребления насосов большой мощности (более 30 кВт).

На первом этапе повышения эффективности насосной установки необходимо провести анализ и обследование, включающие сбор и обработку информации о состоянии и рабочих характеристиках, объеме потребляемых энергоресурсов, условиях работы насосного оборудования.

Решение проблемы избыточного энергопотребления рассматривается в двух направлениях:

1. Снижение напора в системе:

- исключить / уменьшить дросселирование,
- прочистить загрязненные и частично заблокированные элементы,
- устранить утечки и перетечки в системе,
- заменить старые и ржавые трубы,
- увеличить диаметры трубопроводов,
- уменьшить количество клапанов, фитингов и другой арматуры,
- увеличить уровень жидкости в приемном резервуаре.

2. Снижение расхода в системе:

- исключить непродуктивные расходы и перетечки в системе,
- увеличить время цикла периодических процессов по наполнению и опорожнению,
- исключить / снизить расход, если существует такая возможность,
- изучить требования технологического процесса на предмет снижения параметров. Например, поддержание необходимой разницы температуры теплообменника путем снижения расхода охлаждающей воды.

Общепринятой практикой оптимизации насосных систем с целью повысить ее эффективность до недавних пор являлась та, при которой пользователь меняет старый двигатель на новый с более высоким индексом энергоэффективности и подбирает насос с большим КПД на существующие параметры. При этом требуемые параметры насоса (подача, напор) воспринимались как постоянные и неизменные, поэтому выбирался насос с параметрами установленного насоса.

К сожалению, при выборе насоса вмешивается наш опыт выбора бытовой техники, подсознательно ориентирующий нас логику «чем мощнее, тем надежнее».

В случае с насосной системой такой выбор играет и против надежности, и против эффективности.

Лучшим способом обеспечения высокой надежности системы и низкой стоимости ее обслуживания является ее правильное проектирование строго для намеченных целей.

Оптимизация насосной системы:

- Отклонение от проектной рабочей точки вследствие изменений в технологическом процессе или переразмеривания насосов на стадии проектирования может привести к работе насоса вдали от точки оптимального КПД, что приведет к избыточному энергопотреблению и снижению надежности.

- Исключить работу насосов с низким КПД позволяет регулярный мониторинг параметров насосов, применение регулирования насосов и регулярное техническое обслуживание.

Стоимость обслуживания закладывается на этапе проектирования системы.

Из всего вышесказанного видно, что то, каким образом эксплуатируется насосная система, является ключом к увеличению надежности и снижению стоимости техобслуживания.

- Крайне важно, чтобы насос эксплуатировался как можно ближе к точке максимального КПД. Превышение размеров насоса часто приводит к чрезмерно мудросселированию потока клапаном. Это является причиной изменений рабочей точки, обычно в сторону отключения.

- Правильная установка очень важна для бесперебойного функционирования насоса.

- Все службы должны объединять усилия для реализации совместной программы техобслуживания.

- Следует соблюдать рекомендуемые производителем интервалы обслуживания.

- Современные системы мониторинга и управления могут защитить насосную систему и продлить срок ее службы.

В итоге, как обеспечить эффективную работу насосной системы?

1. Постоянный мониторинг параметров насосов с целью обеспечения работы насосов в пределах рабочего диапазона.

2. При вводе насосов в эксплуатацию проведение измерений параметров насосов. Для насосов мощностью свыше 110 кВт такая практика должна стать обязательной, это позволит оценивать состояние насосов с течением времени, в том числе снижение эффективности, изменение режима работы и т.д.

3. Оценка удельного энергопотребления, выявление причин увеличения удельного энергопотребления.

4. Регулярное техническое обслуживание насосов.

Современные системы мониторинга с удешевлением цен на электронные компоненты становятся все более совершенными и доступными. Общепринятым становится контроль расхода, давления, температуры, частоты вращения, вибрации и др. Эти системы могут обнаруживать отклонения от нормальных рабочих условий, но окончательное решение о том, что насос работает по намеченному плану, остается за оператором.

## Список литературы

1. Строительство. Технологии. Организация [Электронный ресурс] // Три кита энергоэффективности насосов: обследование, оптимизация, мониторинг [сайт]. URL: [https://stopress.ru/archive/html/STO\\_0158\\_MART\\_2018/Tri\\_kita\\_energoeffektivnosti\\_nasosov\\_obsledovanie\\_optimizaciya\\_monitoring.html](https://stopress.ru/archive/html/STO_0158_MART_2018/Tri_kita_energoeffektivnosti_nasosov_obsledovanie_optimizaciya_monitoring.html) дата обращения 30.09.2020).
2. CRAFT [Электронный ресурс] // Экономия энергоресурсов - оптимизация работы насосного оборудования для [сайт]. – Электрон.дан. – Режим доступа: <https://ecraft.ru/articles/59> дата обращения 30.09.2020).
3. ДАЛЬЭНЕРГООБОРУДОВАНИЕ [Электронный ресурс] // Энергоэффективная эксплуатация насосного оборудования [сайт]. URL: [https://deodv.ru/stati/article\\_post/energoeffektivnaya-ekspluataciya-nasosnogo-oborudovaniya](https://deodv.ru/stati/article_post/energoeffektivnaya-ekspluataciya-nasosnogo-oborudovaniya) дата обращения 30.09.2020).
4. ЖКХ [Электронный ресурс] // Энергоэффективность насосного оборудования для водоснабжения [сайт]. URL: <https://www.gkh.ru/article/71612-energoeffektivnost-nasosnogo-oborudovaniya-dlya-vodosnabjeniya> дата обращения 30.09.2020).

## УДК 662.997

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Д.С. Дружченко<sup>1</sup>, Е.Д. Яровая<sup>1</sup>, И.А. Бахтина<sup>1</sup>, А.Н. Корнеев<sup>2</sup>

*1. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

*2. Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Приведены основные аспекты использования солнечных коллекторов для систем теплоснабжения, описаны основные составляющие систем гелиоустановок и типы солнечных коллекторов, проанализированы основные параметры для оценки применения солнечных коллекторов в условиях Алтайского края.

**Ключевые слова:** гелиоустановка, солнечный коллектор, системы горячего водоснабжения, плоский коллектор, вакуумный коллектор

### EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF SOLAR COLLECTORS IN THE HOT WATER SUPPLY SYSTEMS DURING THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS IN THE ALTAI REGION

D.S. Druzhchenko<sup>1</sup>, E. D. Yarovaya<sup>1</sup>, I.A. Bakhtina<sup>1</sup>, A.N. Korneev<sup>2</sup>

*1. Altai State Technical University named after I.I. Polzunova*

*2. Rubtsovsky Industrial Institute (branch) of the federal government's budget educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunova"*

**Annotation.** The main aspects of the use of solar collectors for heat supply systems are presented, the main components of solar systems and types of solar collectors are described, the main parameters for assessing the use of solar collectors in the Altai Territory are analyzed.

**Key words:** solar plant, solar collector, hot water supply systems, flat collector, vacuum collector.

Наиболее энергоёмкими с точки зрения потребления энергоносителей являются системы теплоснабжения. Поэтому данные системы в первую очередь анализируются при энергоаудите и составлении энергодекларации. Как показывает практика, даже небольшая экономия в любой составляющей системы теплоснабжения позволяет существенно снизить затраты теплоносителя и получить экономию энергоресурсов. К системам теплоснабжения относятся: системы отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. При этом системы горячего водоснабжения являются системами с круглогодичной нагрузкой, т.е. в течение всего года требуется подача теплоносителя к установкам подготовки горячей воды. Как правило, температура воды в системах горячего водоснабжения не превышает 50 °С, а у некоторых категорий потребителей, например в детских дошкольных учреждениях, нормируемая температура ещё ниже – до 40 °С. Такие требования к температуре позволяют использовать в системах горячего водоснабжения для нагрева воды установки возобновляемой энергетики – солнечные коллекторы.

На сегодняшний день солнечный коллектор весьма полезное и используемое техническое изобретение, сфера применения которого с каждым годом только увеличивается. Особенно это касается тех районов, где нет централизованной подачи электроэнергии. Поэтому в таких случаях преобразователи солнечной энергии являются особенно рентабельными и надёжными источниками энергоснабжения. Кроме того, гелиосистемы используют предприятия малого и среднего бизнеса, а также владельцы частных домов. Что же касается промышленности, то там солнечные коллекторы используются как резервные источники энергии.

Наиболее простым по конструкции является плоский коллектор (рис. 1), представляющий собой стеклянный или пластиковый корпус, в котором находятся металлические пластины черного цвета [1, 2]. Обычно такие установки монтируют на крыше здания.



Рис. 1 - Конструкция плоского солнечного коллектора

Данный коллектор представляет собой мини-теплицу, в которой солнце, попадая на поверхность коллектора, согревает воду, циркулирующую по трубкам. Трубки обычно выполняют из меди, как наиболее теплопроводного материала. Эффективность коллектора зависит от многих факторов, таких как толщина и свойства слоя теплоизоляционного материала, конструкции, материала и площади корпуса и др. [1, 2].

Недостатком плоского коллектора является невозможность его применения в холодный период года. Ввиду того, что наиболее оптимально использовать солнечный коллектор в системах горячего водоснабжения, то целесообразно в России использовать вакуумные коллекторы [4]. Конструкция вакуумного солнечного коллектора представлена на рис. 2. [1, 3].

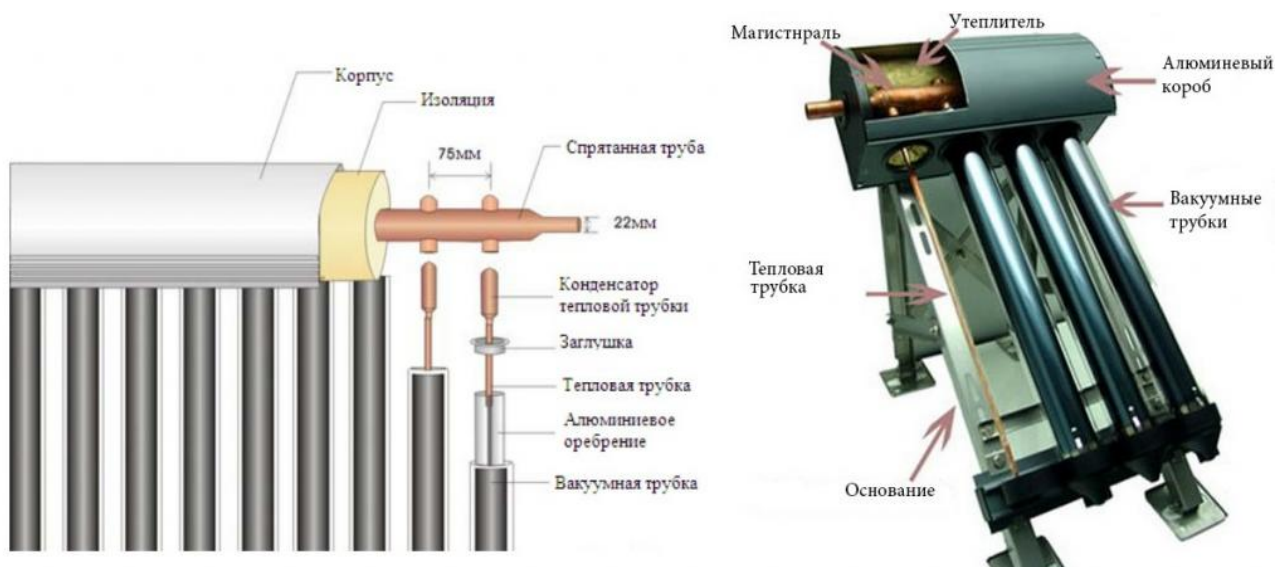


Рис. 2 - Конструкция вакуумного солнечного коллектора

Вакуумный коллектор за счёт конструкции трубок и использования промежуточного теплоносителя позволяет обеспечить стабильную работу, даже при отрицательных температурах наружного воздуха [1, 4].

Основной расчётной характеристикой для солнечных коллекторов является теплопроизводительность за годичный период их эксплуатации ( $Q_c$ ), которая определяется по уравнению:

$$Q_c = f Q, \quad (1)$$

где  $f$  - доля полной среднегодовой тепловой нагрузки, обеспечиваемой за счет солнечной энергии;

$Q$  - полная годовая нагрузка теплоснабжения, кВт·ч.

Удельная годовая теплопроизводительность коллектора определяется по формуле:

$$q = Q_c / F, \quad (2)$$

где  $F$  - площадь поверхности солнечного коллектора, м<sup>2</sup>.

Удельная годовая теплопроизводительность  $q$  зависит от следующих групп параметров:

- параметры, зависящие от климатических и географических характеристик местности;
- параметры, характеризующие особенности конструкции коллектора;
- режимные и технологические параметры, зависящие от организации процесса работы установки с солнечными коллекторами.

Основные рекомендации по выбору того или иного коллектора в зависимости от их теплотехнических характеристик приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Теплотехнические характеристики солнечных коллекторов

Наименование величины	Тип коллектора		
	I	II	III
Общий коэффициент тепловых потерь $U_L$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	7,5	4,3	4,4
Поглощательная способность теплоприемной поверхности, $\alpha$	0,95	0,90	0,95
Степень черноты поглощательной поверхности в диапазоне рабочих температур	0,95	0,10	0,95
Пропускательная способность остекления $\tau_n$	0,87	0,87	0,72
Коэффициент эффективности $F_R$	0,91	0,93	0,95
Максимальная температура теплоносителя, °С	80	100	80

Данные теплотехнические характеристики позволяют классифицировать и рекомендовать для применения следующие типы солнечных коллекторов: для систем горячего водоснабжения - одностекольные коллекторы типа I и II; для систем солнечного теплоснабжения - одностекольный селективный коллектор (тип II) или двухстекольный неселективный коллектор (тип III).

#### Список литературы

1. НикНиклс. Солнечный коллектор: принцип работы и способы применения. Солнечные коллекторы для дома. URL: [https://www.syl.ru/article/173230/new\\_solnechnyy-kollektor-printsip-raboty-i-sposobyi-primeneniya-solnechnye-kollektoryi-dlya-doma](https://www.syl.ru/article/173230/new_solnechnyy-kollektor-printsip-raboty-i-sposobyi-primeneniya-solnechnye-kollektoryi-dlya-doma) (дата обращения 06.03.2020).

2. Бахтина И.А. Возможность применения солнечных коллекторов для повышения энергоэффективности систем горячего водоснабжения / И.А. Бахтина, Т.Ю. Иванова, А.Н. Корнеев А.Н. В сборнике: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2016. – С. 219 – 222. 3. Солнечные коллекторы. URL: <http://realproducts.ru/primeneniye-solnechnoj-energii/> (дата обращения 06.03.2020).

3. Барченко Н. И. Солнечные коллекторы. Анализ опыта их использования в странах Европейского Союза и возможность применения в России / Н.И. Барченко Н.И., А.А. Кудишин, И.А. Бахтина. – Горизонты образования. АлтГТУ, Барнаул, 2016. № 18. - С. 28-30.

4. Дружченко Д.С. Оценка возможности применения солнечных коллекторов [Текст] / Д.С. Дружченко, С.М. Тюнин, И.А. Бахтина Наука и молодежь [Электронный ресурс]: материалы XVII Всероссийской научно-

технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (01-05 июня 2020 года, г. Барнаул) : в 8 ч. / АлтГТУ им. И.И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2020. Ч. 2. С. 109-111. Режим доступа: [https://journal.altstu.ru/konf\\_2020/2020\\_1/46/](https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/46/)

**УДК 696.12**

## **ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ СЕМЕЙСТВ В REVIT НА ПРИМЕРЕ ФИТИНГОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Н.Е. Еськова<sup>1</sup>, И.А. Бахтина<sup>1</sup>, А.Н. Корнеев<sup>2</sup>

*1. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

*2. Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Рассмотрены особенности проектирования соединительных деталей раструбных соединений при проектировании систем внутренней канализации зданий.

**Ключевые слова:** канализационные трубопроводы, соединения труб, фитинги, раструбные соединения, Revit.

## **PARAMETRIZATION OF FAMILIES IN REVIT ON THE EXAMPLE OF SEWER PIPE FITTINGS**

N.E. Eskova<sup>1</sup>, I.A. Bakhtina<sup>1</sup>, A.N. Korneev<sup>2</sup>

*1. Altai State Technical University named after I.I. Polzunova*

*2. Rubtsovsky Industrial Institute (branch) of the federal government's budget educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunova"*

**Annotation.** Considered are the design features of connecting parts of trumpet connections when designing internal sewerage systems for buildings.

**Key words:** sewer pipelines, pipe connections, fittings, flare connections, Revit.

В настоящее время всё больше в проектировании объектов строительства применяют BIM технологии. Использование моделирования позволяет автоматизировать большие объемы однотипных операций, наглядно представить проектируемые объекты и обеспечить эффективное взаимодействие между различными участниками проекта (архитекторами, конструкторами, инженерами и др.) [1].

Применительно к проектированию инженерных систем Autodesk Revit предоставляет специалистам множество возможностей. С его помощью можно проектировать и моделировать трубопроводы различной степени сложности, с учетом любых конструктивных особенностей объекта, разрабатывать системы водоснабжения и канализации и других инженерных систем [1, 2].

Ключевыми факторами оптимизации разработки инженерных сетей в программном комплексе Autodesk Revit являются:

- Возможность решить все вопросы, касающиеся коммуникаций со строительными конструкциями, еще на стадии проектирования в Revit предусмотрены инструменты, позволяющие во время работы принять в расчет различные архитектурные элементы и компоненты структуры здания.

- Автоматическая корректировка прокладки инженерных сетей при изменении архитектурной модели здания.

- Увязка рабочего процесса смежных специалистов в едином информационном пространстве, анализ размещения инженерных сетей относительно друг друга в режиме реального времени и возможность в кратчайшие сроки корректировать проектные решения.

- Разработка спецификации с высокой точностью.

- Возможность избежать непредвиденных расходов и дополнительных издержек на стадии монтажа.

- Возможность анализировать производительность спроектированных систем.

- 3D-визуализация существенно упрощает работу над проектом и дает возможность выполнить задание быстрее, чем при использовании традиционных методов проектирования [2].

Сантехнические системы создаются одним из двух способов:

- При первоначальном размещении приборов в проекте добавляются приборы, не назначенные ни одной системе. При добавлении трубопровода для соединения компонентов они автоматически назначаются системе.

- Компоненты можно выбирать и вручную добавлять в систему. После назначения компонентов системе можно использовать инструмент Рабочий процесс формирования компоновки, чтобы определить трассировку труб и автоматически создать трубопровод для системы [2].

Трубопроводная арматура имеет сложную геометрическую форму, что затрудняет ее параметризацию при помощи зависимостей. Поэтому, если нужно отобразить форму изделий близко к реальной, удобно использовать вместо параметризации геометрии вложенные непараметризованные семейства. Для каждого типоразмера изделия при этом создается семейство произвольной категории с требуемыми размерами. Далее созданные семейства загружаются в качестве вложенных в родительское - рисунок 1 [3].

В Revit присутствует только резьбовое, сварное и фланцевое соединение. Данные соединения используются только в системах водоснабжения. В системах водоотведения все трубопроводы соединяются раструбами и отсутствие раструбных фитингов является существенным недостатком Revit [3].

При использовании стандартных баз канализационных соединительных деталей Revit возникают неточности в процессе определения длины труб, т.к. не учитываются участки, заходящие в раструбы при выполнении соединений, что в масштабах инженерной системы сооружения может давать существенную погрешность, в значительной степени, к тому же зависящую от конфигурации этой системы. Кроме того, из таких фитингов не получится собрать участки



систем до конечных приборов в точности так, как они будут выглядеть в жизни, что, к примеру, для сетей самотечной канализации весьма важно ввиду особенностей их проектирования и монтажа [3].

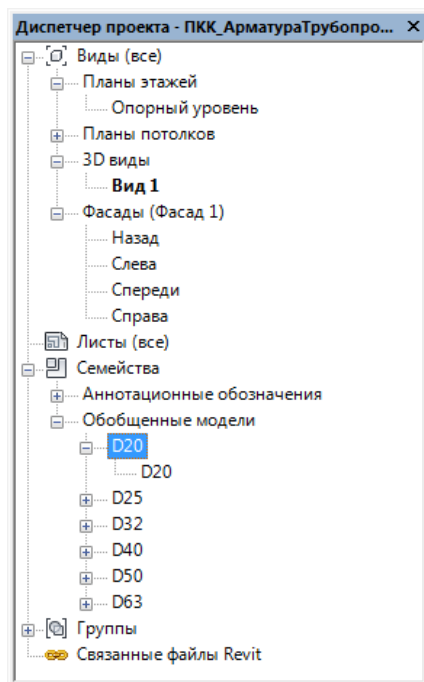


Рис. 1 - Выбор семейства

Главной особенностью раструбных соединительных деталей является то, что они имеют неравнозначные коннекторы, т.е. у реальных изделий одни соединители представляют собой раструбы, а другие - гладкие концы, вставляемые в раструбы труб или других фитингов. С учетом того, что в Revit понятие раструба отсутствует в принципе, моделирование таких соединений и параметризация семейств при этом - весьма сложная задача, требующая учета множества нюансов и тонкостей [3].

Ниже рассмотрим варианты параметризации стандартных семейств.

По умолчанию имеем стандартное семейство одноплоскостной крестовины с ответвлениями под 90 градусов. Если сделать необходимые для системы канализации углы 87,5°, то при построении она будет ломаться, поэтому сначала необходимо прочертить пересечение труб, для получения крестовины под 90°, а затем поменять углы.

Если удалить «боковые» трубы, то в свойствах крестовины можно задать её ориентацию (левая или правая) и угол ответвлений. Левая - подразумевается, что левая часть крестовины остаётся в плоскости магистрали, а правая поворачивается на 90 градусов. Правая - аналогично, но с правым ответвлением [4] - рисунки 2 - 5.

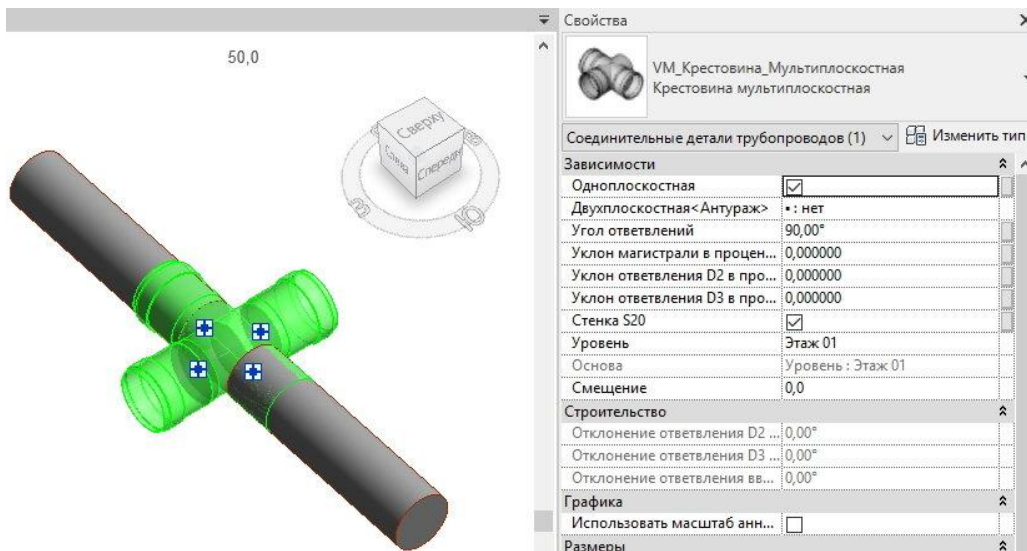


Рис. 2 - Одноплоскостная крестовина под 90°

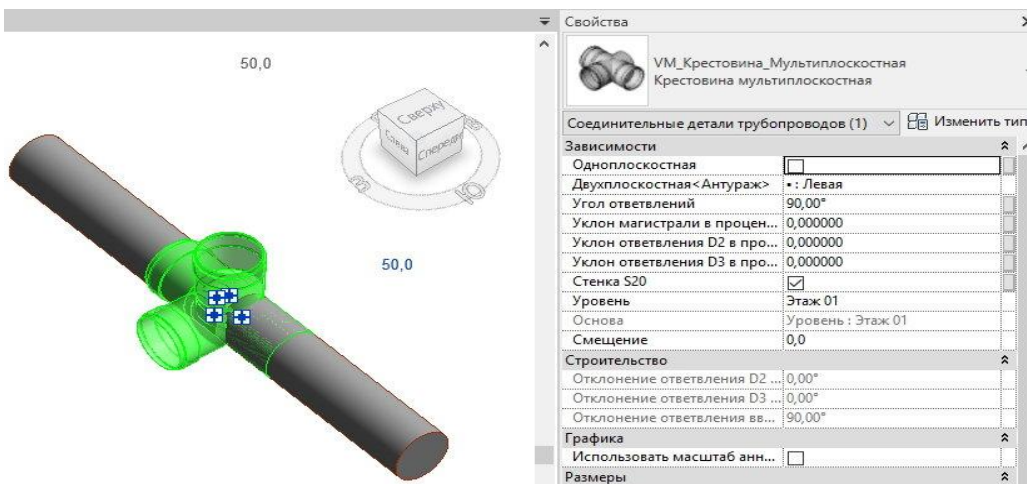


Рис. 3 - Двухплоскостная крестовина левая под 90°

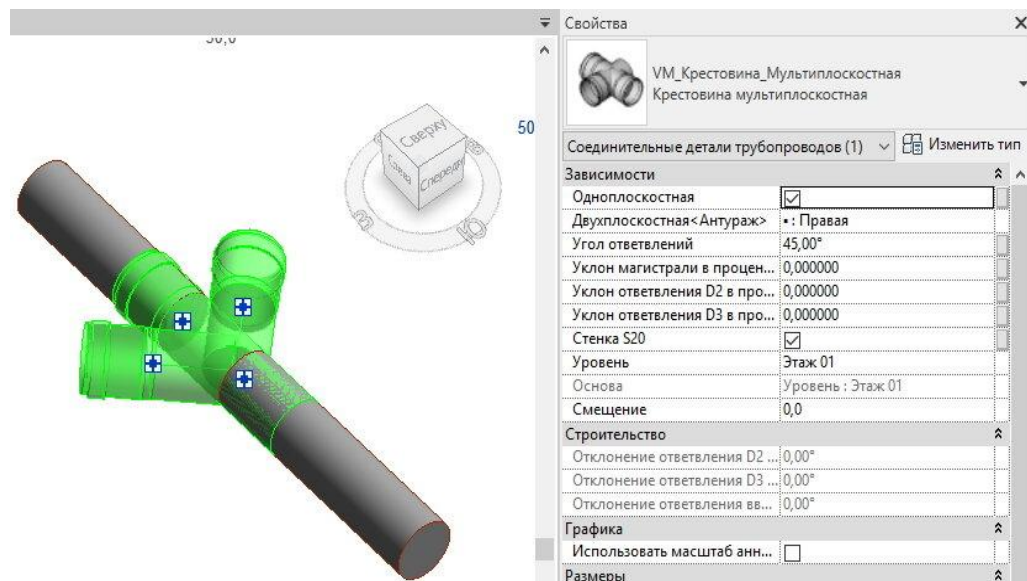


Рис. 4 - Одноплоскостная крестовина под 45°

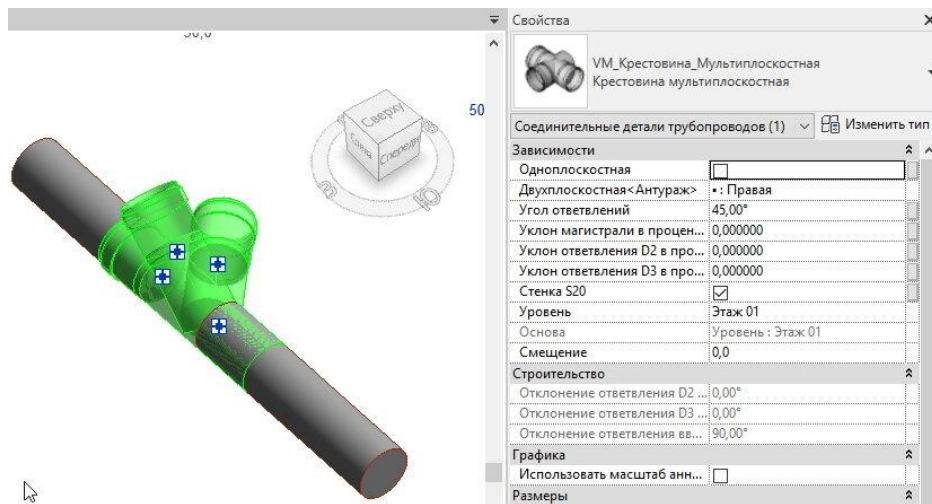


Рис. 5 - Двухплоскостная крестовина правая под 45°

Угол можно менять, если нет труб на ответвлениях. Каждому ответвлению можно задать диаметр независимо.

Крестовина работает с диаметрами 50, 100 и 110 мм. Диаметры ответвлений можно менять независимо. За основу можно взять конкретную крестовину какого-либо производителя.

Если крестовина ставится на трубу с уклоном, то можно управлять углом ответвлений, если одноплоскостная крестовина ставится на горизонтальную магистраль, то ответвления будут ровными, поэтому труба, нарисованная из них под уклоном, будет пересекать раструб. Поэтому можно в свойствах указать уклон для отвления (рисунки 6 - 8)[4].

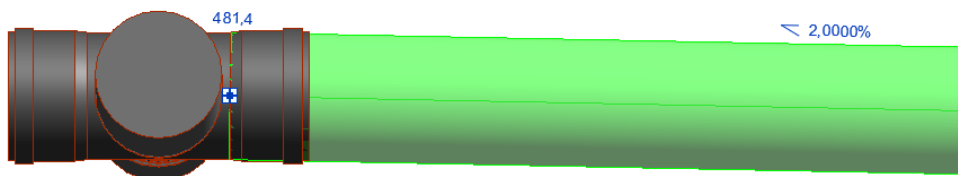


Рис. 6 - Выход трубы под уклоном с пересечением раструба

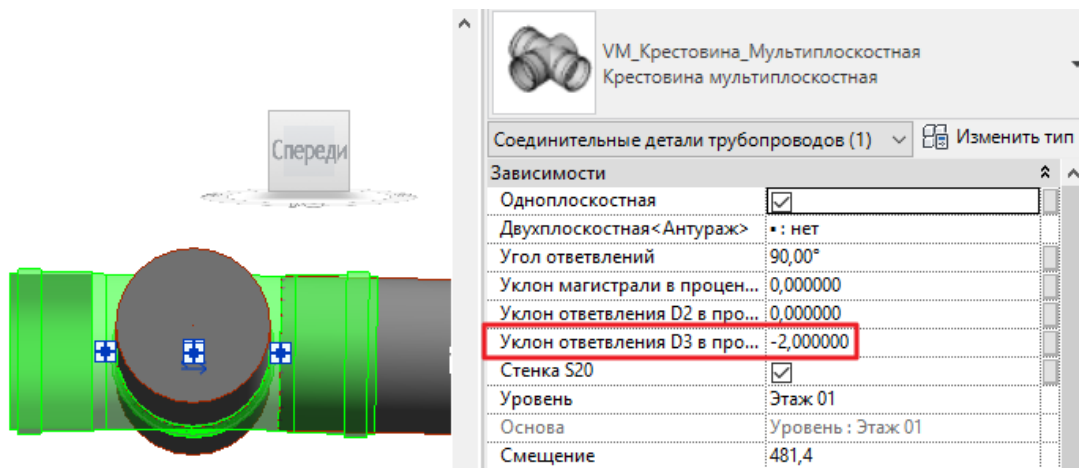


Рис. 7 - Пример изменения уклона

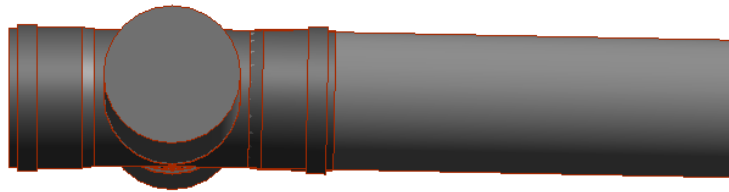


Рис. 8 - Итоговый вариант соединения с уклоном трубы 2%

В случае если двухплоскостная крестовина на горизонтальной магистрали и необходимо начертить стояк, с обычной крестовиной это не получится, потому что сама крестовина будет наклонена по уклону магистрали, в итоге стояк прочертится под углом, а не строго вертикально [4].

В этом случае нужно задать уклон магистрали, ответвление вверх повернется так, чтобы быть строго вертикально - рисунки 9, 10.

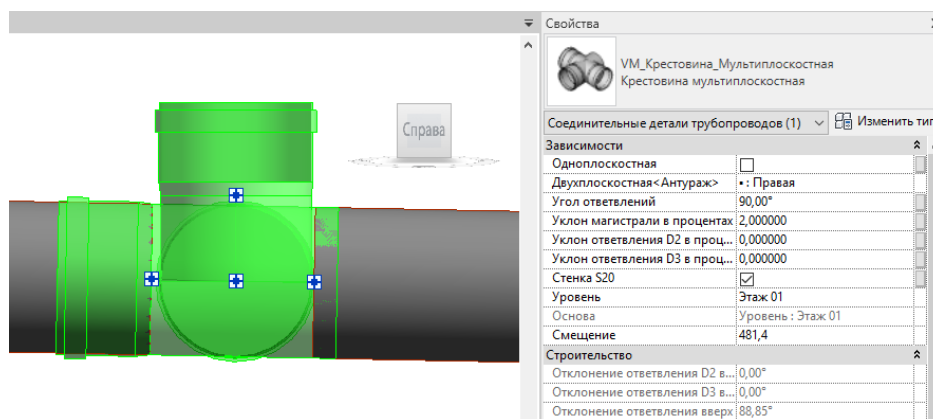


Рис. 9 - Выбор уклона магистрали в процентах

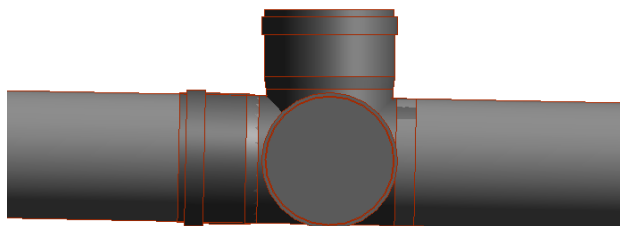


Рис. 10 - Двухплоскостная крестовина с вертикальным ответвлением

Таким образом, можно ориентировать ответвления под нужными углами. То, что на стройке делается за счёт подвижности раструбного соединения.

#### Список литературы

1. Дронов Д.С., Киметова Н.Р., Ткаченко В.П. Проблемы внедрения BIM-технологий в России // Синергия Наук. 2017. № 10. С. 529–549.
2. Продукты Revit. Создание трубопроводных систем. URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/RUS/Revit-Model/files/GUID> (дата обращения 28.09.2020)

3. Семейства элементов ОБ И ВК в Autodesk Revit. Часть 5. Фитинги с раструбными соединениями. URL: <https://r1pro.ru/blog/semejstva-elementov-ov-i-vk-v-autodesk-revit-chast-5-fitingi-s-rastrubnymi-soedineniyami/> (дата обращения 28.09.20)

4. Revit-библиотека: двухплоскостная крестовина. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5adeec59d7bf21a6c9ee96da/revitbiblioteka-dvuhploskostnaia-krestovina-5f59d62d254de314362688ad> (дата обращения 29.09.20)

### УДК 697.133

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ НАРУЖНОЕ ОГРАЖДЕНИЕ В СОВРЕМЕННОМ ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ

Е. Ю. Камышникова<sup>1</sup>, И.А. Бахтина<sup>1</sup>, А.Н. Корнеев<sup>2</sup>

*1. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

*2. Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Статья посвящена определению тепловых потерь через наружные ограждения в современных программных комплексах. В статье представлено краткое описание программы и основные принципы работы в BIM проектировании.

**Ключевые слова:** тепловые потери, программный комплекс, BIM-модель, AUDYTOR OZC, система отопления.

#### DETERMINATION OF HEAT LOSSES THROUGH THE OUTDOOR FENCE IN THE MODERN SOFTWARE COMPLEX

E.Yu. Kamyshnikova<sup>1</sup>, I.A. Bakhtina<sup>1</sup>, A.N. Korneev<sup>2</sup>

**Annotation.** The article is devoted to the determination of heat losses through external fences in modern software systems. The article provides a brief description of the program and the basic principles of work in BIM design.

**Key words:** heat losses, software package, BIM-model, AUDYTOR OZC, heating system.

При проектировании системы отопления всегда необходимо произвести расчет тепловых потерь здания. Для ускорения рабочего процесса набирают популярность программные обеспечения, которые позволяют произвести наиболее точный расчет, обеспечивают всю наглядность работы, связь работы Вim-модели здания с программой. При расчете вручную инженер может допустить очень много ошибок. Для сравнения возможности использования расчетов тепловых потерь через наружное ограждение в программном комплексе Audytor OZC. При работе в программе можно внести все необходимые корректировки и учесть коэффициенты в расчете.

Все чаще в наше время приходят требования заказчика выпускать проекты с применением информационной модели. Это предполагает использование программных комплексов расчета тепловых потерь. Однако, несмотря на

одинаковые исходные данные, инженеры-проектировщики при расчётах иногда получают разные результаты.

Рассмотрим расчет потерь теплоты помещения в программе Audytor OZC.

В работе программа производит расчет в соответствии с требованиями [1 - 4]. Все климатические данные уже есть в программе, нужно выбрать город проектируемого здания (рис. 1).

Нормы  
 Норма для расчета коэф. U: СП 50.13330.2012  
 Норма для расчета Ф: СП 50.13330.2012  
 Норма для климатических данных: СП 131.13330.2012 - 2018

Климатические данные  
 Климатические данные: Москва,  $t_e$  °C: -25  
 $\rho_{a,l}$ : 0,80,  $\rho_{a,p}$ : -0,60,  $V_w$  м/с: 2,0

Рис. 1 – Нормы для расчета в Audytor OZC

В программе имеется каталог материалов с однородной конструкцией, а также с неоднородной структурой. Все характеристики можно ввести вручную в соответствии с СП 50-13330-2012. Тепловая защита зданий, либо копировать данные из каталога (рис. 2). Климатические данные для проектирования систем отопления в программе учтены в соответствии с требованиями новой редакции СП 131.13330.2018 «Строительная климатология». Далее составляем конструктив многослойного и типового ограждения, указывая толщину и размеры. Важным является выбор варианта крепления слоев ограждающей конструкции, т.к. это позволяет получить корректное сопротивление теплопередачи рассматриваемой ограждающей конструкции.

Символ: БЕТОН\_БЛ, Описание: Бетонные блоки, Заранее определенный: , На заказ: , Изъят из производства:

Производитель: [ ], Тип: Бетон и стены из бетона

Копировать данные из материала...

	Нормальный влажный	Влажный режим	Единица
Коэффициент теплопроводности $\lambda$	0,2500	0,3000	Вт/(м·К)
Коэффициент диффузионной паропроницаемости $\delta$	226,0000	226,0000	мг/(м·ч·Па)
Сравнительный коэффициент диффузионной паропроницаемости $\mu$	3,186	3,186	
Плотность $\rho$	500		кг/м <sup>3</sup>
Удельная теплоемкость $c_p$		0,840	кДж/(кг·К)

Рис. 2 – Подбор материалов для расчета в программе Audytor OZC

Экспорт BIM-модели из Revit в Audytor OZC позволяет перенести трехмерную модель вместе с техническими характеристиками элементами системы, что позволяет ускорить расчет тепловых потерь (рис. 3). Основным преимуществом программы является её повышенная функциональность. Приложение имеет ряд полезных функций, например, функцию автоматической вставки полов, крыш и зон помещений. Кроме того имеются функции,

облегчающие связывание строительных ограждений. В программе возможно автоматически рассчитать объём помещений, даже со сложной формой. Кроме того имеется возможность сканировать строительные подосновы без необходимости использования других программ для сканирования.

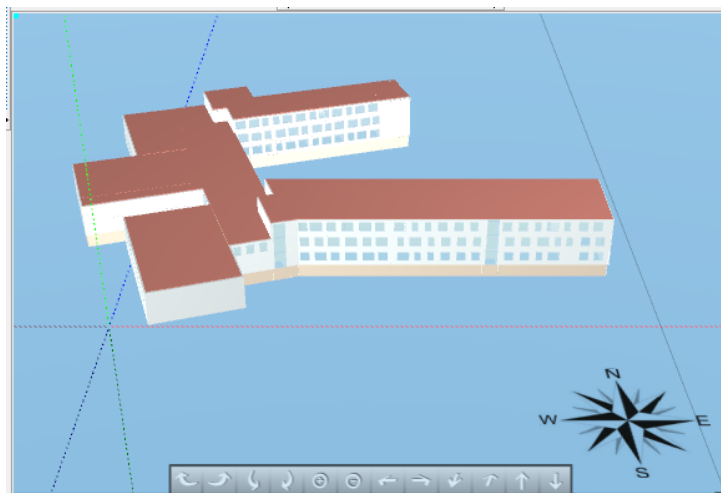


Рис. 3 - Модель здания в программе Audytor OZC

Как было отмечено, программа позволяет получить корректное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции, что обеспечивает правильное определение потерь теплоты, а следовательно, более грамотные решения по подбору оборудования проектируемой системы отопления (рис. 4). При изменении конструкции строительных ограждений здания автоматически пересчитывается проектная тепловая нагрузка как отдельно взятых помещений, квартир, зон, так и всего здания в целом.

Символ: 1.14 | Тип помещения: Кабинет русского яз | Фвн, °C: 18,0 | L<sub>v</sub>, м³/(ч·м²): 5,00 | П<sub>мин</sub> 1/ч: 1,46 | Y<sub>мин</sub>, м³/ч: 331,2 | Описание: Кабинет русского языка 1.14

Основные данные: Ограждения | Вентиляция | Отопительные приборы | Поворот: 0°

A: 66,24 м² | H<sub>i</sub>: 3,42 м | V: 226,5 м³ | Отметка пола: 0,00 (0,00) | H<sub>w</sub>: 2,00 (2,00) м | С<sub>p</sub>: -0,60

A<sub>inf</sub>: 0,000 м² | L<sub>inf</sub>: 0,00 м | Ф<sub>г</sub>: 0,0 Вт/м² | H<sub>ас</sub>: 0,00 м | H<sub>век</sub>: 13,00 (13,00) м | С<sub>п</sub>: 0,80

Рас. зп	Символ	Ор.	Помещение или θ	L или A	H	N	H <sub>w</sub>	ΔL/P
			°C	м; м²	м	шт.	м	м; м
<input checked="" type="checkbox"/>	HC1	Ю	Тн=-25,0°C	4,97		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	HC1	Ю	Тн=-25,0°C	7,24		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	HC2	Ю	Тн=-25,0°C	8,03		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	OK2	Ю	Тн=-25,0°C	4,43		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	OK2	Ю	Тн=-25,0°C	5,04		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	OK4	Ю	Тн=-25,0°C	2,59		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	OK4	Ю	Тн=-25,0°C	2,59		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	СВ		11 18,0°C	26,28		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	СВ		6 18,0°C	26,28		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	СВ		36 16,0°C	34,88		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	ПЕРЕКР-1Э		5 °C	70,74		1	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/>	ПЕРЕКР-1Э		206 18,0°C	70,54		1	2,00	

Итоги расчетов: V<sub>infv</sub>: 36,3 м³/ч | V<sub>v</sub>: 331,2 м³/ч | β<sub>н</sub>: 0,00 | Φ: 5462 Вт | θ<sub>v</sub>: -25,0 °C | Φ<sub>г</sub>: 0 Вт | n: 1,5 | 1/h: Φ<sub>v</sub>: 4837 Вт | Φ<sub>T</sub>: 625 Вт | Φ<sub>HL</sub>: 5462 Вт

Распределить Φ<sub>HL</sub> в: Удельная теплоемкость: Φ<sub>HLA</sub>: 82,5 Вт/м² | Φ<sub>HLV</sub>: 24,1 Вт/м³

Рис. 4 – Расчет потерь теплоты в программе Audytor OZC

При анализе программного комплекса Audytor OZC можно сделать вывод, что результаты расчета можно использовать в проектировании здания. Несмотря на сложные расчетные методы и большое количество исходной информации, необходимой для ввода в целях выполнения расчетов, применение в программе решения сокращает время проектирования, требуемое на подготовку проекта. Для правильного расчета нужно ознакомиться со всем функционалом программы, точно внести все исходные данные и проанализировать полученный результат. В конце расчет можно выгрузить в виде таблиц в формате PDF или Excel. Результат можно импортировать в программу Audytor SET, где в дальнейшем производится гидравлический расчет системы отопления и балансировка системы с опорой на результат расчета тепловых потерь через наружные ограждения.

#### Список литературы

1. СП 131.13330.2018. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*. М.: ФГУП ЦПП, 2018. 105 с.
2. СП 50-13330-2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: ФГУП ЦПП, 2012. 82 с.
3. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. М.: ФГУП ЦПП, 2016. 53 с.
4. ГОСТ Р 54851 – 2011. Конструкции строительные ограждающие неоднородные. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2011. 22 с.

#### УДК 621.65.03

### АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

А.Е. Кириллова<sup>1</sup>, И.А. Бахтина<sup>1</sup>, А.Н. Корнеев<sup>2</sup>

*1. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

*2. Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Проведено сравнение консольных насосов отечественных и иностранных производителей по техническим характеристикам, определены достоинства и недостатки каждого проанализированного вида насоса.

**Ключевые слова:** насосное оборудование, насос консольный, конструкции насосов, технические характеристики насоса, сравнение насосов.

### ANALYSIS OF MODERN PUMPING EQUIPMENT FOR HEATING SYSTEMS

A.E. Kirillova<sup>1</sup>, I.A. Bakhtina<sup>1</sup>, A.N. Korneev<sup>2</sup>

*1. Altai State Technical University named after I.I. Polzunova*



*2. Rubtsovsky Industrial Institute (branch) of the federal government's budget educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunova"*

**Annotation.** A comparison of cantilever pumps of domestic and foreign manufacturers in terms of technical characteristics is carried out, the advantages and disadvantages of each analyzed type of pump are determined.

**Key words:** pumping equipment, cantilever pump, pump designs, pump specifications, comparison of pumps.

Насосное оборудование представляет из себя гидравлические устройства, предназначенные для перемещения и создания напора жидкостей. Основными техническими характеристиками являются глубина всасывания, напор, производительность, потребляемая мощность и КПД. Область применения насосного оборудования обширна – в основном это системы водоснабжения, отопления, канализации и водоотведения. В данной работе сравним характеристики популярных марок консольных насосов отечественного производства и иностранных производителей с целью выявления лидирующих представителей по качеству.

Современные мировые тенденции в области разработки насосов и насосного оборудования базируются на следующих технологических принципах: высокая энергоэффективность; максимальная компактность установок и удобство в ходе последующей работы оборудования; автоматизированный контроль за деятельностью насосных установок с возможностью дистанционного управления; соблюдение принятых стандартов экологической безопасности; постоянное обновление ассортимента; простота монтажа и последующего технического обслуживания. Такой подход обеспечивает высокое качество агрегатов и возможность выбрать оборудование, максимально соответствующее требованиям заказчика. Современный рынок насосного оборудования представлен множеством вариантов комплектации различного производства.

Для сравнения возьмем насос, представленный на отечественном рынке: ООО «Каменский металлзавод» марка насоса K20/30 и проанализируем ее характеристики [1].



Рис. 1 – Насосы консольные – K20/30

Таблица 1 – Характеристика насоса К20/30

Насос	Подача насоса м.куб./час	Напор насоса м.в.ст.	Мощность насоса (кВт)	Т рабочей среды, °С	Обороты в мин.	Масса насоса (кг)	Габариты насоса (мм)
К20/30	20	20	4	+85	2900	92	840*300*320

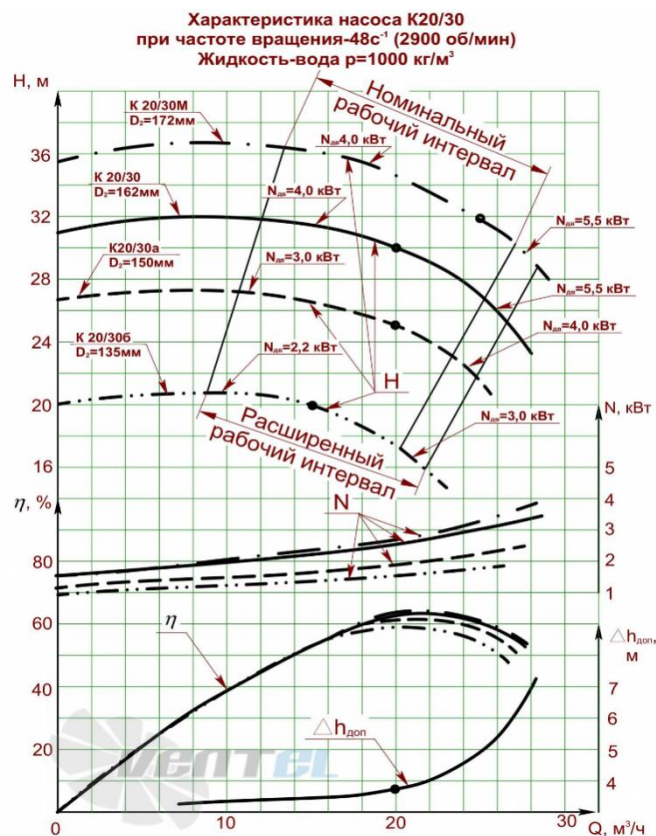


Рис. 2 – Технические характеристики К20/30

Агрегаты электронасосные "К"-центробежные, консольные предназначены для перекачивания чистой воды производственно-технического назначения (кроме морской) с рН 6-9 в стационарных условиях, температурой от 273 до 358 К (от 0 до + 85 °С) с одинарным сальником, от 273 до 378 К (от 0 до +105 °С) с двойным мягким сальником и от 273 до 413 К (от 0 до +140 °С) с торцовым уплотнением и других жидкостей, сходных с водой по плотности, вязкости и химической активности, содержащих твердые включения размером до 0,2 мм, объемная концентрация которых не превышает 0,1%. Уплотнение вала насосов типа – одинарное, двойное сальниковое или одинарное торцовое. Наибольшее допустимое давление на входе в насос: для насосов с мягким сальником 0,35 МПа (3,5 кгс/см<sup>2</sup>), с торцовым уплотнением 0,8 МПа (8,0 кгс/см<sup>2</sup>). Материал проточной части – серый чугун [4].

Так же проанализируем консольные насосы ведущих иностранных производителей, таких как: Pedrollo- высокопроизводительные консольно-моноблочные насосы с фланцевыми соединениями.



Рис. 3 – Консольно-моноблочный насос Pedrollo

Возьмем марку насоса Pedrollo F 40/160B, соответствующую по подаче и напору марке K20/30 отечественного производства и проанализируем ее характеристики [2, 3].

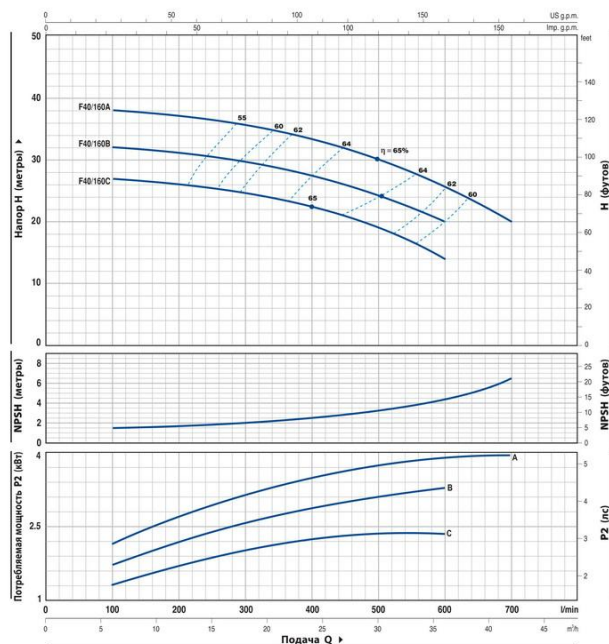
Таблица 2 – Характеристика насоса Pedrollo

Насос	Подача насоса, м.куб./час	Напор насоса, м.в.ст.	Мощность двигателя (кВт)	Обороты в мин.	Т рабочей среды, °С	Масса насоса (кг)	Габариты насоса (мм)
F 40/160B	20	30	3	2900	-10+90	37.5	448*292*240

**F40/160**



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 50 Гц n=2900 об/мин HS=0 м



ТИП	МОЩНОСТЬ	кВт		лс		Q м³/ч												
		кВт	лс	л/мин	0	6	9	12	15	18	24	30	36	42				
Однофазный	Трехфазный	2.2	3	27	27	26.5	26	25.5	25	22.5	19	14						
Fm 40/160C	F 40/160C	3	4	32	32	31.5	31	30.5	30	27.5	24	20						
-	F 40/160A	4	5.5	38	38	37.8	37	36.5	36	33.5	30	26	20					

Q = Подана N = Общий манометрический напор HS = Высота всасывания Допуск характеристик в соответствии с EN ISO 9906 Прил. А.

Рис. 4 – Технические характеристики Pedrollo

В ассортименте представлены модели F, F-INOX, FG, предназначенные для использования в системах горячего водоснабжения и котельных.

Центробежные консольные насосы Pedrollo – устройства, которые обеспечивают движение горячей воды под необходимым напором за счет воздействия центробежной силы. Вращающееся колесо оказывает давление на жидкость, в результате которого на выходе она имеет большую скорость, чем на входе. Электродвигатель обеспечивает непрерывное функционирование лопастей насоса Pedrollo. Оборудование имеет односторонний подвод воды к рабочему колесу, расположенному на конце вала. Насосные станции Pedrollo предназначены для работы с жидкостями, температура которых составляет от -10 до +90 °С. Установка оборудования, перекачивающего горячую воду, должна выполняться в закрытых помещениях или местах, которые защищены от атмосферного воздействия. Устройства функционируют при температуре окружающей среды от -10 до +40 °С. Максимальное давление в корпусе устройства составляет 10 Бар. Высокие эксплуатационные показатели. Модели F и FG осуществляют подачу воды со скоростью до 315 м<sup>3</sup>/час (5 250 л/мин), напор до 95 м. Производительность консольного агрегата F-INOX составляет до 132 м<sup>3</sup>/час (2 200 л/мин), напор до 38 м.

Wilo- консольные насосы Wilo представляют собой модели центробежного типа с горизонтальным расположением вала. Приёмный патрубок расположен соосно с валом насоса, напорный ориентирован радиально, оси патрубков расположены под углом 90°. Привод осуществляется асинхронными трёхфазными электродвигателями. Агрегат размещён на общем рамном основании.



Рис. 5 – Консольный насос Wilo

Таблица 3 – Характеристика насоса Wilo

Насос	Подача насоса, м.куб./час	Напор насоса, м.в.ст.	Мощность двигателя (кВт)	Обороты в мин.	Т рабочей среды, °С	Масса насоса (кг)	Габариты насоса (мм)
VL 32/160-4/2	20	30	4	2900	-20 +140	72	735*320*242

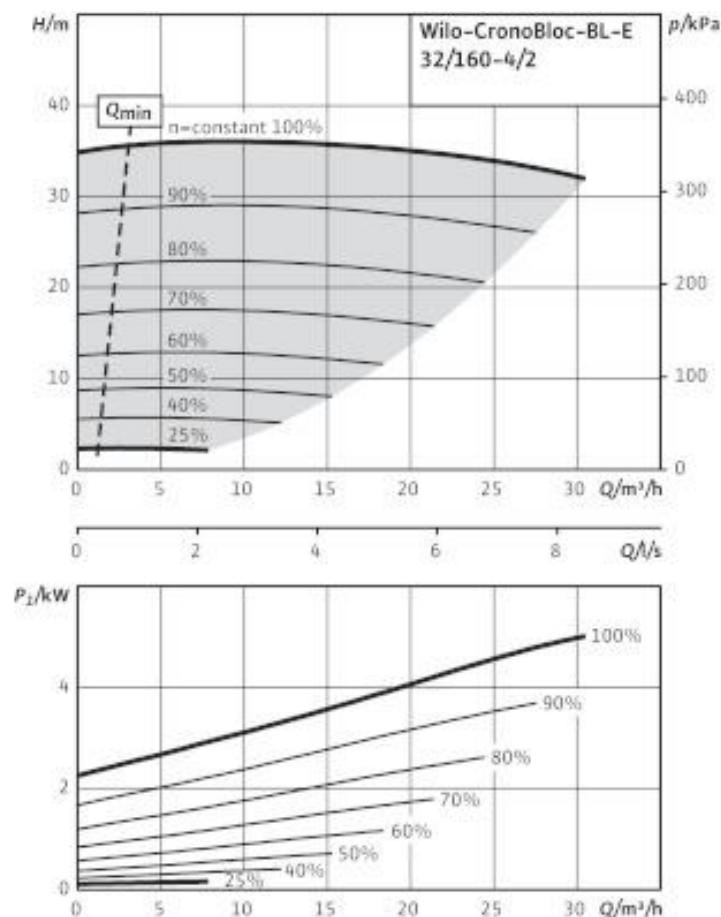


Рис. 6 – Технические характеристики Wilo

Проанализировав ведущие марки отечественных и иностранных насосов по следующим характеристикам: напор, производительность, потребляемая мощность, температуры рабочей среды, габариты насоса, масса насоса, - делаем вывод, что импортные насосы превосходят отечественные. А также значительный плюс импортного оборудования - это низкий уровень шума, который достигается их комплектацией малошумными двигателями.

#### Список литературы

1. Насосы консольные [Электронный ресурс]: Насосы консольные “К”, К160/30, К190/30: электрон. ресурс. URL: <http://knz.ru/catalog/nasosy-dlya-vody/nasosy-konsolnye-k-k160-30-k290-30> (дата обращения 30.09.2020).
2. ООО “Каменский металлзавод” [Электронный ресурс]: Насосы типа К, КМ, СМ, СД: электрон. ресурс. URL: <http://www.agrovodcom.ru/reference/52.php> (дата обращения 30.09.2020).
3. Насосное оборудование в Москве [Электронный ресурс]: Консольно-моноблочные насосы: URL: <http://www.pedrollo.ru/> (дата обращения 30.09.2020).
4. ООО “Каменский машиностроительный завод” [Электронный ресурс] : Насосы и агрегаты: URL: <http://www.kammash.com> (дата обращения 30.09.2020).

УДК 694.1

## РАСЧЕТ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ И ТЕНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Т.В. Куценко, Н.С. Шелихов

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»*

**Аннотация.** В статье рассматриваются гипотезы определения эквивалентных лабораторных режимов оценки долговечности герметизирующих и тентовых материалов, и проводится оценка точности предложенного метода.

**Ключевые слова:** герметизирующие материалы, тентовые конструкции, оценка и расчет долговечности материалов, фактор эксплуатации, оценка точности предложенного метода.

## CALCULATION OF THE DURABILITY OF SEALING AND AWNING MATERIALS

T.V. Kutsenko, N.S. Shelikhov

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kazan State University of Architecture and Civil Engineering"*

**Annotation.** The article discusses the hypotheses for determining the equivalent laboratory modes for assessing the durability of sealing and awning materials, and evaluates the accuracy of the proposed method.

**Key words:** sealing materials, awning structures, assessment and calculation of the durability of materials, operating factor, assessment of the accuracy of the proposed method.

### *Введение*

На основе анализа литературных источников и собственных исследований нами выбраны основные эксплуатационные факторы: многократное нагружение и ультрафиолетовая радиация для разработки ускоренного метода оценки долговечности герметизирующих и тентовых материалов.

Сущность метода можно видеть в нахождении долговечности по результатам лабораторных испытаний, не прибегая к длительным экспериментам. Исходя из этого, для разработки метода необходимо определить научные положения, позволяющие трансформировать реальные процессы многократного нагружения и ультрафиолетового облучения в эквивалентные лабораторные режимы, соответствующие эксплуатационным по уровню повреждаемости. Вместе с тем лабораторные режимы должны содержать факторы, ускоряющие процесс оценки долговечности по сравнению с натурными испытаниями, ибо только в этом случае проявляется эффективность метода.

*Определение лабораторного режима нагружения, эквивалентного эксплуатационному.*

Для ускорения оценки долговечности по разрабатываемому методу за ускоряющие процессы примем следующее:

а) повышенную частоту лабораторного режима нагружения по сравнению с естественным режимом нагружения ветровыми пульсациями (однако частота не должна приводить к саморазогреву образца);

б) большую интенсивность ультрафиолетовой радиации, действующей лабораторных испытаниях, по сравнению с естественной (но при равенстве доз облучения, полученных материалом до разрушения);

в) использование экстраполяции при построении зависимости  $P - \log N$  в области больших значений выносливости (малых нагрузках) по малым значениям выносливости (большим нагрузкам), опираясь на прямолинейность зависимости  $P - \log N$  при лабораторных испытаниях.

При оценке долговечности герметизирующих и тентовых материалов в условиях эксплуатации можно воспользоваться двумя путями.

Первый путь – это реализация реального характера нагружения в лабораторных испытаниях. Например, в работах, исследуя долговечность материалов. Пытались воспроизвести случайный процесс нагружения и непосредственно определить долговечность. Однако сложность оборудования и самих экспериментов не позволяет применять этот метод в широком масштабе. Необходимо учесть и тот факт, что при воспроизведении реального характера нагружения в лабораторных условиях не сокращается время испытания.

Второй путь – это замена случайного процесса нагружения схематизированным процессом, который по уровню вносимого усталостного повреждения должен быть эквивалентным реальному. При этом возможно сокращение времени испытания за счет использования соответствующего эквивалентного режима [1, 2].

*Методика расчета.*

Как видно, второй путь наиболее приемлем, и в дальнейшем рассуждении мы будем использовать его.

Рассматривая напряжение в материале мягкого ограждения от ветровых нагрузок, можно представить процесс изменения напряжения в виде последовательности циклов с переменной амплитудой, имеющей случайный характер распределения. Для представленного таким образом режима нагружения нам необходимо найти эквивалентный лабораторный режим.

Эквивалентный режим примем в виде многократно повторяющихся циклов с постоянной амплитудой нагружения.

Таким образом, задача нахождения эквивалентного режима сводится к нахождению эквивалентной амплитуды нагрузки. Для нахождения последней воспользуемся принятой выше гипотезой о суммировании повреждений.

Для определения  $P_{экр}$  рассмотрим многократное нагружение с энергетических позиций.

Учитывая, что энергия нагружения пропорциональна произведению  $P^2 \omega$ , где  $P$  - нагрузка в цикле,  $\omega$  – частота нагружения, доля энергии, вносимой за один цикл будет равна:

$$\Delta E_o = \frac{P^2 \omega}{N}, \quad (1)$$

а при действии  $n$  циклов ( $n < N$ ):

$$\Delta E_i = \frac{P_i^2 \omega_i}{N_i} n_i, \quad (2)$$

где  $N_i$  – число циклов до разрушения от  $i$  – той нагрузки.

Если амплитуда нагружения изменяется со временем, а образец испытывается до разрушения, то сумму энергий, вносимых циклами с разными по значению нагрузками, можно приравнять энергии, внесенной эквивалентной нагрузкой  $P_{эkv}$  к моменту разрушения образца, т.е.

$$\frac{P_{эkv}^2 * \omega_{эkv} * N}{N} = \sum \frac{P_i^2 * \omega_i * n_i}{N_i}. \quad (3)$$

Так как в литературном обзоре было показано, что частота нагружения в области 50 Гц практически не влияет на число циклов до разрушения, то в целях упрощения рассуждений примем для всех амплитуд одинаковую частоту нагружения.

Итак, нами установлено, что режим многократного нагружения с временной амплитудой нагрузки можно заменить эквивалентным режимом с постоянной амплитудой нагрузки, названной нами  $P_{эkv}$  и определяемой по формуле (4) [5].

Отсюда по эквивалентной амплитуде нагружения случайного процесса можно, используя зависимость  $P - \log N$  для непрерывного лабораторного процесса нагружения с постоянной в цикле нагрузкой, определить значение выносливости, и, в соответствии с гипотезой о необратимости характера разрушения, принятой выше, это значение будет соответствовать действительной выносливости материала в условиях нагружения ограждения прерывистым случайным процессом с переменной амплитудой нагрузки, соответствующей характеру ветровых пульсаций (для тентовых материалов).

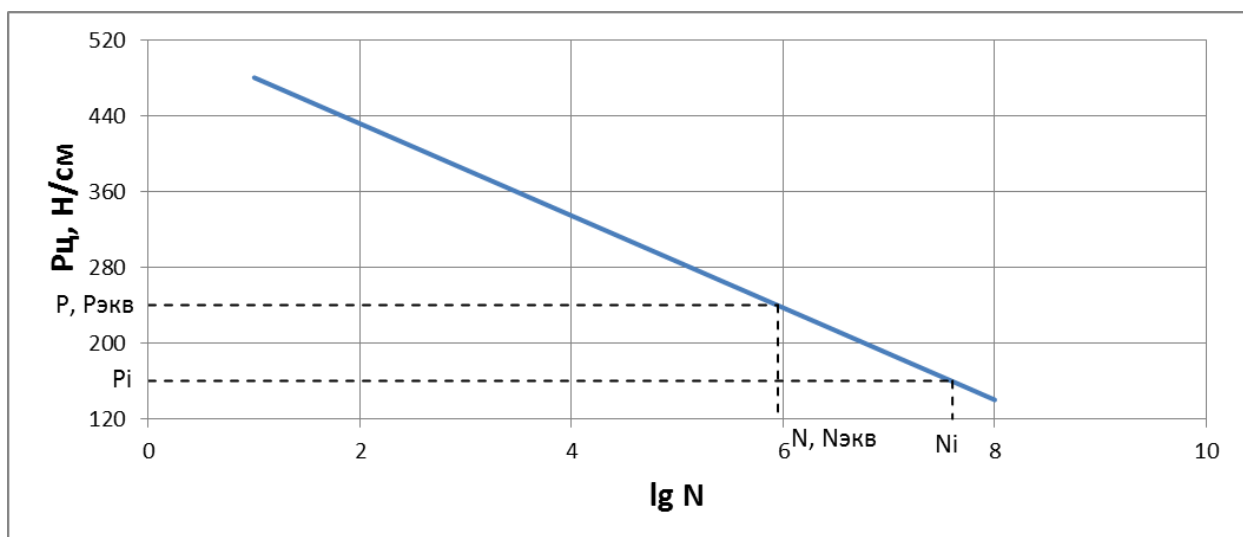


Рис. 1 - Определение эквивалентного числа циклов до разрушения по лабораторной зависимости выносливости. Материал-2. ( $T = 49^{\circ}C$ )



Тогда энергия, вносимая за один цикл, будет зависеть только от амплитуды нагрузки, а эквивалентная нагрузка определится как: [3, 4]

$$P_{\text{экв}} = \left[ \sum \frac{P_i^2 n_i}{N_i} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

*Расчет долговечности герметизирующих и тентовых материалов с учетом факторов эксплуатации.*

Итак, нами установлено, что режим многократного нагружения с временной амплитудой нагрузки можно заменить эквивалентным режимом с постоянной амплитудой нагрузки, названной нами  $P_{\text{экв}}$  и определяемой по формуле (4).

Отсюда по эквивалентной амплитуде нагружения случайного процесса можно, используя зависимость  $P - \log N$  для непрерывного лабораторного процесса нагружения с постоянной в цикле нагрузкой, определить значение выносливости, и, в соответствии с гипотезой о необратимости характера разрушения, принятой выше, это значение будет соответствовать действительной выносливости материала в условиях нагружения ограждения прерывистым случайным процессом с переменной амплитудой нагрузки, соответствующей характеру ветровых пульсаций (для тентовых материалов) [6].

Необходимо учитывать, что кроме пульсаций от ветровых нагрузок мягкое ограждение подвержено статическому напряжению от стабилизирующего усилия, величина которого определяется формой и назначением конструкции, а также видом материала ограждения. Отсюда общее напряжение в материале ограждения будет слагаться из пульсационной составляющей и статической составляющей.

*Результаты исследований и обсуждение.*

При сравнении режимов многократного нагружения было показано, что основное значение для долговечности имеет только максимальная величина амплитуды нагрузки. В итоге не важно, слагается эта величина из статической и динамической составляющей или только из динамической. Учитывая это, амплитуда эквивалентного режима нагружения  $\bar{P}_{\text{экв}}$  будет равняться сумме эквивалентного значения нагрузки и значения усилия стабилизации ограждения, т.е.  $\bar{P}_{\text{экв}} = P_{\text{экв}} + P_{\text{стаб}}$ , и число циклов до разрушения при многократном нагружении с амплитудой  $P_{\text{экв}}$  будет эквивалентно числу циклов до разрушения при нагружении переменной амплитудой, соответствующей характеру пульсаций напряжений в мягком ограждении под ветровыми нагрузками [7].

Теперь необходимо учесть действие ультрафиолетовой радиации на герметизирующие и тентовые материалы). Из литературных источников мы определили интенсивность радиации для лабораторных испытаний, эквивалентной по поступлению за один цикл нагружения естественной радиации. [4] Так как известно, что зимой ультрафиолетовая радиация очень

незначительна, то в разрабатываемом методе будем учитывать ее сочетание только положительными температурами. Такое сочетание является самым неблагоприятным для органических материалов, и оценка долговечности, очевидно, будет несколько занижена.

Построив зависимость  $P - \log N$  при интенсивности ультрафиолетового излучения  $J_{эkv}$  и температуре, равной средней температуре поверхности, нагреваемой солнечными лучами за день, определим число циклов до разрушения  $N_{yф}$  от нагрузки  $\bar{P}_{эkv}$  в условиях ультрафиолетового воздействия, рисунок 2. Зная  $N_{yф}$ , можно оценить долговечность в единицах времени из простого соотношения:

$$\tau = \frac{N_{yф}}{N^*}, \quad (5)$$

где  $\tau$  – долговечность,  $N^*$  – число циклов многократного нагружения, действующих в единицу времени действительного процесса нагружения,  $N_{yф}$  – число циклов до разрушения в условиях действия эквивалентной нагрузки ( $\bar{P}_{эkv}$ ) и эквивалентной интенсивности ультрафиолетовой радиации по лабораторным испытаниям [3].

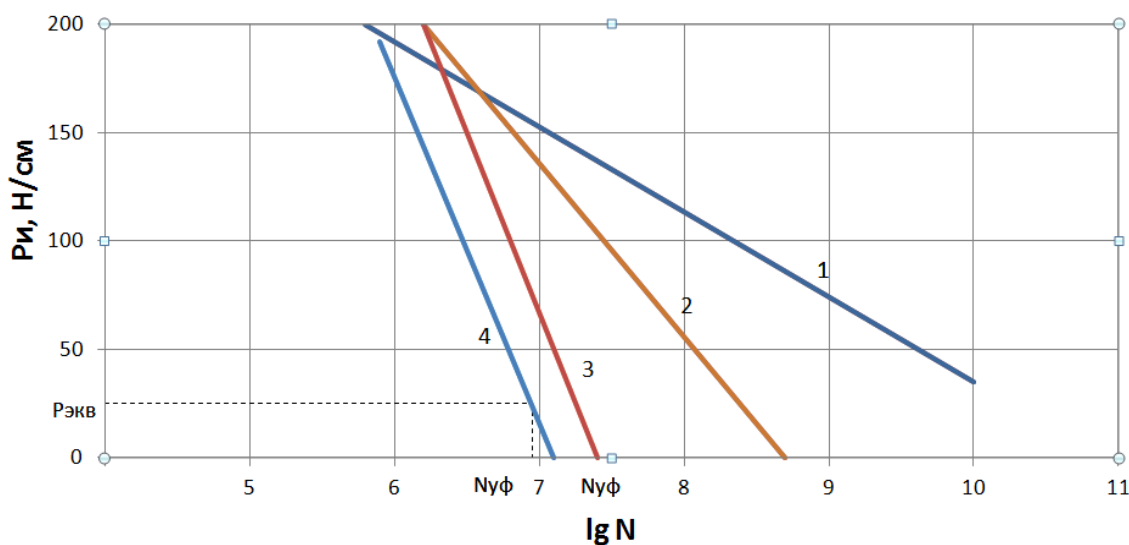


Рис. 2 - Номограмма для определения выносливости  $N_{yф}$  по лабораторным испытаниям. 1,4 – материал-1, 2,3 – материал-2, 1,2 – многократное нагружение, 3, 4 – многократное нагружение и ультрафиолетовое облучение ( $J = 60 \text{ Вт} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ )

С учетом вышеизложенного приводится оценка долговечности исследуемых материалов. Оценка проводилась для двух значений усилия стабилизации ( $P_{стаб}$ ) ограждения (5 и 10% от  $P_0$ ) среднего числа циклов нагружения и эквивалентной амплитуды нагружения материала мягкого

ограждения ветровыми пульсациями, по приведенным в приложении данным равной 20 Н/см [8].

Таким образом, мы показали, что с помощью разработанного метода можно довольно точно оценить долговечность герметизирующих и тентовых материалов. Причем время оценки долговечности по сравнению с натурными испытаниями для исследованных материалов сокращается до 20 раз.

#### *Заключение*

Выведена формула для определения нагрузки в эквивалентном режиме многократного нагружения.

На основе использования эквивалентного ускоренного режима испытания герметизирующих и тентовых материалов и данных, характеризующих эксплуатационный режим нагружения, предложен метод оценки долговечности материалов и оценена долговечность двух типов материалов.

#### Список литературы

1. Бьядовский Д.А. Строительство в арктическом регионе. Возможности и перспективы / Бьядовский Д.А., Блинов С.А., Куценко Т.В. // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы военно-научных исследований»: сборник научных трудов/ СПб: Изд-во Политехнического университета, выпуск 3(4), 2019 – 397 с., С. 271-282.

2. Бьядовский Д.А. Расчет долговечности материалов тентовых конструкций с учетом факторов эксплуатации / Бьядовский Д.А., Блинов С.А., Куценко Т.В., 3. Сулейманов А.М // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы военно-научных исследований»: сборник научных трудов/ СПб: Изд-во Политехнического университета, выпуск 3(4), 2019 – 397 с., С. 283-292.

3. ГОСТ 9.707-81 ЕС ЗКС. Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение.

4. ГОСТ 17170-71. Пластмассы. Методы на старение под воздействием естественных климатических факторов.

5. ГОСТ 30740-2000. Межгосударственный стандарт. Материалы герметизирующие для швов аэродромных покрытий. Общие технические условия. Издание официальное.

6. Куценко Т.В. Расчет долговечности тентовых сооружений / Куценко Т.В., Шелихов Н.С. // Всероссийский конкурс научных работ «Лобачевский — 2020»: электронный сборник тезисов Открытого конкурса научных работ среди обучающихся на соискание премии имени Н. И. Лобачевского / М-во по делам молодежи Республики Татарстан, Лига студентов Республики Татарстан; сост. А. Р. Самкаева ; ред. Ю. Р. Кареева. — Казань: Бук, 2020. — 312 с. — Текст : электронный, С. 22-23.

7. Сулейманов А.М. Долговечность тентовых материалов при статическом нагружении/ А.М.Сулейманов, Н.С.Шелихов // Работоспособность строительных материалов на основе и с применением местного сырья и отходов промышленности: межвуз. сб./ - Казань: КИСИ,1992. – С. 15-20.

8. Сулейманов А.М. Работа, старение и разрушение материалов ограждений мягких оболочек/ А.М. Сулейманов // Строительные материалы. – М.: – 2005. -№11, С. 62-65.

**УДК 614.844.2+004.94**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ REVIT**

В.А. Ларичкин<sup>1</sup>, И.А. Бахтина<sup>1</sup>, А.Н. Корнеев<sup>2</sup>

*1. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

*2. Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Описаны особенности конструкции дренчерных и спринклерных систем пожаротушения и особенности их проектирования в программном комплексе Revit.

**Ключевые слова:** системы пожаротушения, дренчерные системы, спринклерные системы, проектирование, семейство, Revit.

## **DESIGN AND SIMULATION OF WATER EXTINGUISHING SYSTEMS IN THE REVIT SOFTWARE PACKAGE**

V.A. Larichkin<sup>1</sup>, I.A. Bakhtina<sup>1</sup>, A.N. Korneev<sup>2</sup>

*1. Altai State Technical University named after I.I. Polzunova*

*2. Rubtsovsky Industrial Institute (branch) of the federal government's budget educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunova"*

**Annotation.** The design features of deluge and sprinkler fire extinguishing systems and their design features in the Revit software package are described.

**Keywords:** fire extinguishing systems, deluge systems, sprinkler systems, design, family, Revit.

Система пожаротушения – одна из важнейших систем любого здания и сооружения. Основными системами пожаротушения, применяемыми в настоящее время, являются водяные, пенные, порошковые, аэрозольные и газовые.

Водяное пожаротушение – это наиболее распространенный способ тушения пожаров. Проектирование и эксплуатирование систем водяного пожаротушения происходит в соответствии со следующими документами:

1) ГОСТ 12.3.046-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования

2) ГОСТ Р 50680-94 Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний

3) СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением N 1).

Преимущества водяного пожаротушения:

1) Доступность. Стоимость воды по сравнению с порошковыми составами или газовыми огнетушащими веществами намного ниже. Благодаря этому при частом тушении возгораний (на специфических объектах) оно не несет дополнительных расходов.

2) Невысокая стоимость АУПТ. Системы водяного пожаротушения отличаются доступностью, благодаря чему их можно использовать для защиты большинства объектов.

3) Безопасность для людей. В отличие от газовых огнетушащих веществ и порошковых составов, вода не представляет угрозы для жизни и здоровья людей. На объектах, в которых используется водяное пожаротушение, персоналу и посетителям не требуется покидать зону тушения до начала подачи огнетушащего вещества.

4) Высокая удельная теплоемкость и теплота испарения (4200 Дж/(кг\*К) и 2256,2 кДж/кг). Благодаря этим свойствам вода, попадая на горящие поверхности и испаряясь, поглощает большое количество тепла, охлаждая их и замедляя процесс горения.

5) Простота монтажа. Установка систем водяного пожаротушения менее затратна и более проста с технической точки зрения (по сравнению с газовыми АСПТ).

По типу оросителей установки водяного пожаротушения подразделяют на:

- 1) дренчерные;
- 2) сплинклерные

Дренчерные установки предназначены для защиты особо пожароопасных объектов, таких как: окрасочные станции, атомные станции, объекты по производству легковоспламеняющихся материалов. В дренчерной системе пожаротушения водой заполнен только подводящий трубопровод, все остальные заполнены воздухом.

Самый главный недостаток дренчерных систем - это то, что они срабатывают только от внешнего сигнала, поступающего от внешних устройств обнаружения очага возгорания.

Сплинклерные системы используются, когда необходимо потушить небольшой локальный пожар в помещении. Эта система является автоматической, и не требуется контроль человека. Отверстие сплинклера закрыто тепловым замком, который рассчитан на определенную температуру, и, как только температура превышает заданную, замок сплинклера распаивается и сплинклер орошает защищаемую зону. Сплинклерные системы делятся на два типа:

1) мокрые, которые представляют собой заполненную водой систему и предназначены для защиты помещений, где температура не опускается ниже 0 градусов;

2) сухие, которые представляют собой водовоздушную систему, которая используется соответственно для помещений, в которых температура может достигать ниже 0 градусов. Аналогично дренчерной системе, водой заполнен только подводящий трубопровод, другие трубопроводы заполнены

азотом или сжатым воздухом. Насосная станция при этом должна быть размещена в помещении с положительной температурой воздуха для исключения замерзания воды.

В целом, сплинклерные установки получили наиболее обширное распространение, т.к. для них не требуются пожарные извещатели и приборы управления в качестве системы обнаружения пожаров.

### **Проектирование системы водяного пожаротушения**

Проектирование в Revit, как и в любой другой программе, начинается с подготовительных этапов, а этап непосредственного моделирования происходит только в последнюю очередь. Вкратце, последовательность этапов проектирования выглядит следующим образом:

1) Определение категории пожарной безопасности помещения или здания/сооружения в целом. Определение происходит согласно СП 12.13130.2009, а категории помещений подразделяют на:

- А – повышенная взрывопожароопасность
- Б – взрывопожароопасность
- В1-В4 – пожароопасность
- Г – умеренная пожароопасность
- Д – пониженная пожароопасность.

2) Проведение расчетов скорости возможного распространения пожара в соответствии с отделочными материалами, инженерными коммуникациями и технической оснащенностью здания.

Пожар – крайне сложное физическое явление, которое зависит от гигантского числа факторов, и полноценно предугадать его поведение невозможно. Так или иначе существуют методы расчетов, которые позволяют оценить развитие пожара, и одним из таких параметров является – линейная скорость распространения горения. Как правило, применяют табличные значения данного показателя.

3) Выбор системы пожаротушения.

Производим выбор системы водяного пожаротушения – сплинклерная или дренчерная.

4) Распределение точек для монтажа оборудования, расчет его минимального количества.

5) Выбор труб относительной характеристики и физических параметров, распределительных элементов, насосов и коллекторных узлов.

6) Моделирование системы противопожарного трубопровода.

Рассмотрим моделирование сплинклерной системы пожаротушения.

В качестве оросителей в ПК Revit используются так называемые семейства. Семейство – это параметрический компонент проекта и представляет собой графический объект, с помощью которого создается полноценная BIM-модель.

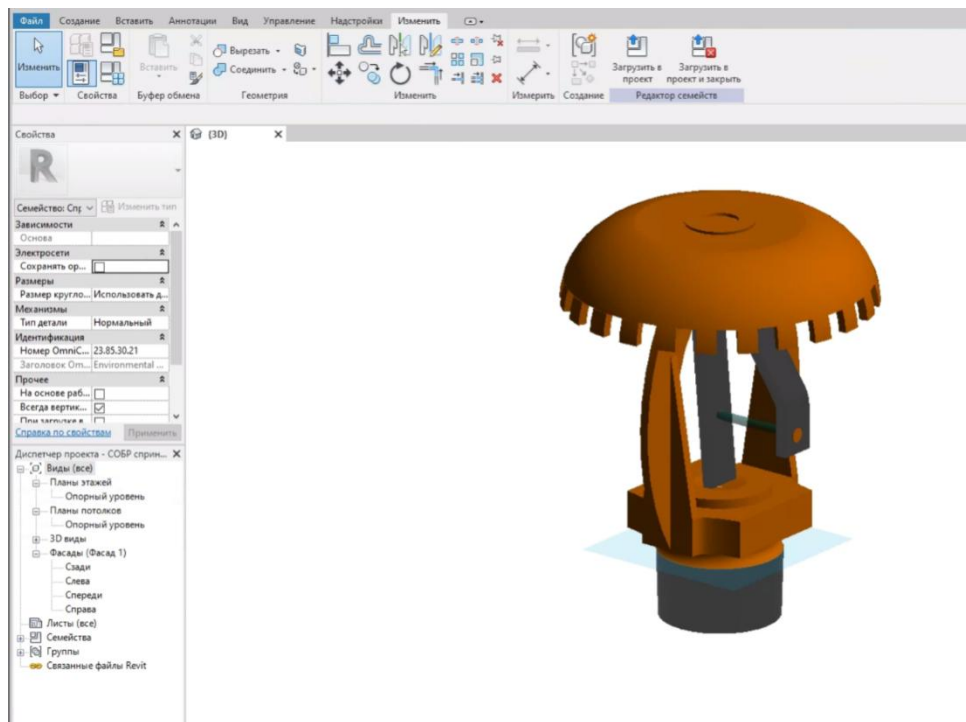


Рис. 1 – Семейство спринклера

Добавление семейства спринклера в проект происходит нажатием соответствующей кнопки на панели приборов (рис. 2).

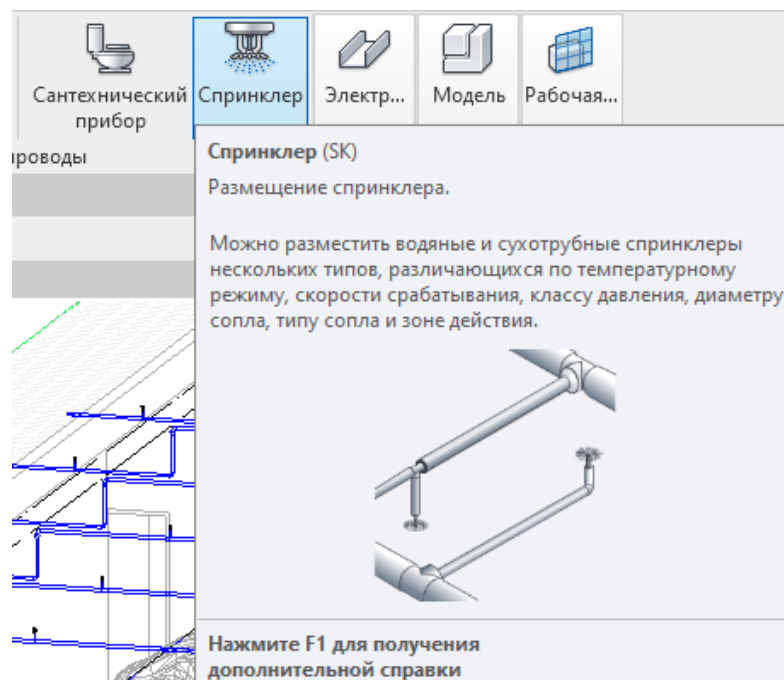


Рис. 2 – Добавление спринклера в проект

Моделирование в ПК Revit упрощает создание и модификацию модели. Программа автоматически обновляет все виды и листы, помогая поддерживать согласованность проекта и значительно уменьшая количество ошибок по

человеческому фактору. Также в Revit имеется возможность фотореалистичной визуализации, которая позволяет увидеть изображения систем пожаротушения в проектируемом здании еще до начала строительства (рис. 3).



Рис. 3 – Система сплинклерного пожаротушения в паркинге с фотореалистичной визуализацией

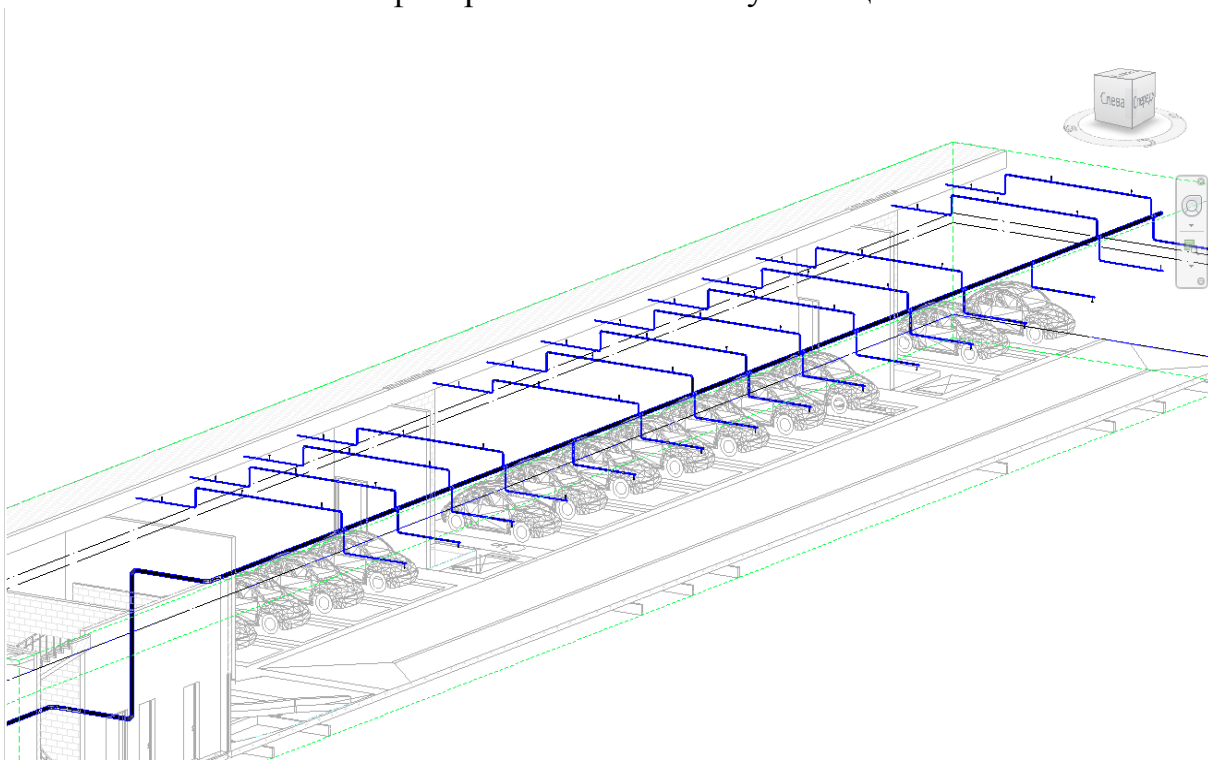


Рис. 4 – Система сплинклерного пожаротушения в паркинге без фотореалистичной визуализации



Также программа позволяет быстро определить те участки системы, которые характеризуются большей потерей давления, и перестроить их, обеспечивая, тем самым, эффективность проектирования. Расчётные функции, встроенные в Revit, позволяют пересчитывать размеры и определять перепады давления согласно действующим нормативам проектирования. При обновлении программы динамически обновляются размеры и конструктивные параметры элементов трубопроводов и привлечения дополнительных программных средства не требуется.

Планы, разрезы, фасады, узлы и виды спецификаций автоматически формируются из модели, что обеспечивает точность отображаемой на них информации. Синхронизация видов модели с единой базой данных проекта обеспечивает согласованное управление изменениями. BIM-технология позволяет выпускать документацию высокого качества.

Для водяного пожаротушения всё это имеет огромное значение, ведь любая ошибка в проектировании или в монтаже может привести к серьёзным последствиям. Revit позволяет наиболее наглядно и точно, избегая всех коллизий, произвести расчет и моделирование системы как для проектировщика и монтажника, так и для заказчика, который еще на этапе проектирования будет знать и видеть системы пожарной безопасности своего здания/сооружения, даже не имея определенных навыков чтения документации.

#### Список литературы

1. ГОСТ 12.3.046-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003194> (Дата обращения 28.09.2020)
2. ГОСТ Р 50680-94 Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006830> (Дата обращения 28.09.2020)
3. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> (Дата обращения 28.09.2020)
4. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071156> (Дата обращения 28.09.2020)
5. AutodeskRevitMEP [Электронный ресурс]. URL: [http://www.nipinfor.ru/construction/engineering\\_network/10067/](http://www.nipinfor.ru/construction/engineering_network/10067/) (Дата обращения 28.09.2020)

УДК 624.011.2

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ТОРЦЕ ДЕРЕВЯННОГО ЭЛЕМЕНТА ПРИ УДАРНЫХ НАГРУЗКАХ

О.А. Михайленко

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Экспериментально и численным методом исследовано сложное напряженно-деформированное состояние древесины под шайбами некоторых видов при ударной нагрузке. Приводятся результаты численного моделирования эксперимента с учетом реальной анизотропии древесины. Сопоставлены результаты экспериментального исследования и численного моделирования.

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние в древесине, анизотропия древесины, концентрация напряжений, ударная нагрузка.

## EXPERIMENTAL AND NUMERICAL RESEARCH OF STRESS- DEFORMED STATE IN THE END OF WOODEN ELEMENT UNDER SHOCK LOADS

O.A. Mikhailenko

*Rubtsovsky Industrial Institute (branch) of the federal government's budget educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunova"*

**Abstract.** The complex stress-strain state of wood under some types of washers under shock loading has been studied experimentally and numerically. The results of numerical simulation of the experiment are given taking into account the real anisotropy of wood. The results of experimental research and numerical modeling are compared.

**Keywords:** stress-strain state in wood, wood anisotropy, stress concentration, shock load.

С таким случаем воздействия нагрузки конструктор встречается при проектировании автодорожных клееных мостов, деревянных конструкций гражданских зданий и сооружений с клееными арками и рамами, возводимых в сейсмически активных районах. Под динамическим воздействием работают опорные узлы длинных клееных подкосов рам, опорные узлы арок, коньковые узлы арок и рам при симметричных нагрузках в момент сейсмического толчка.

Численным исследованиям таких случаев работы древесины предшествовали пионерные испытания, имевшие целью получить качественные картины ее деформирования при ударе по шайбам с одинаковыми площадками смятия, но резко различными их конфигурациями и изгибными жесткостями по длине.

Одновременному удару на специальной установке были подвергнуты стержни (рис.1), на торцах которых были установлены шайбы: на одном из торцов в виде жесткого штампа, на другом - шайба с переменной изгибной жесткостью.

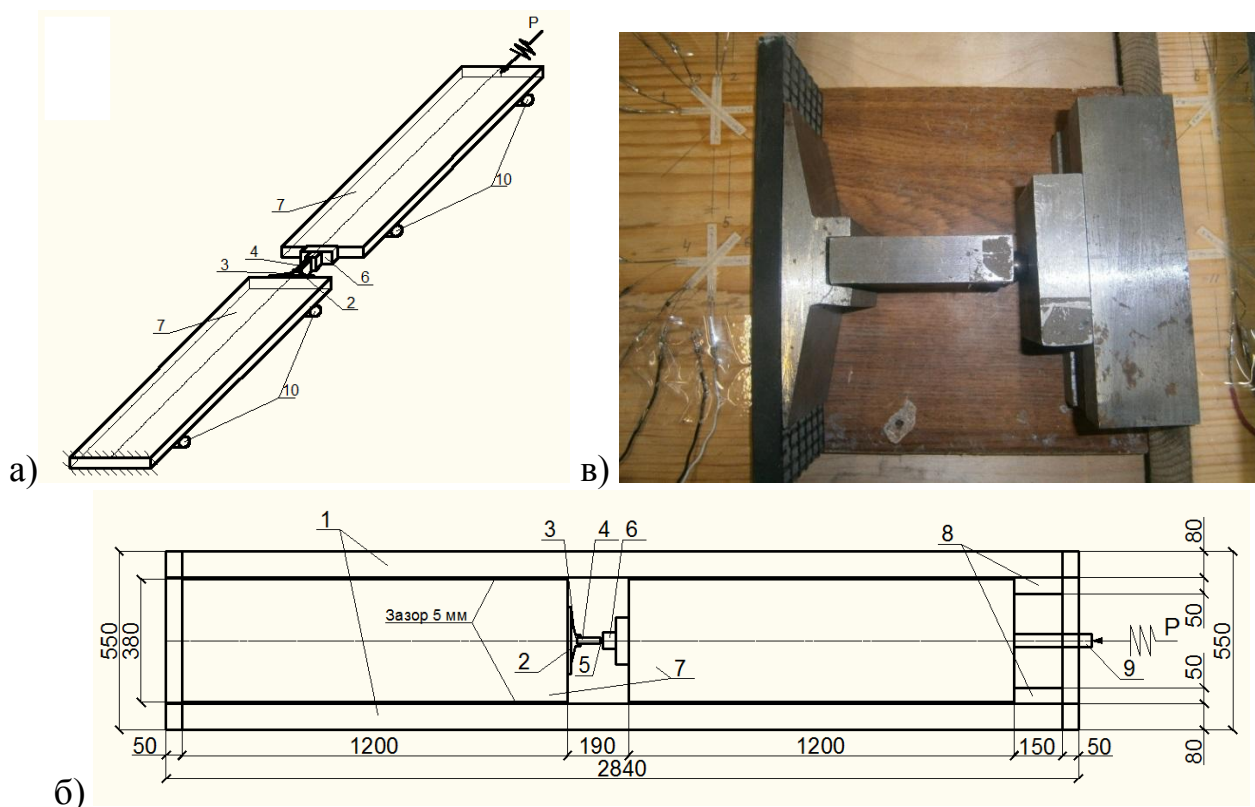


Рис. 1 - Экспериментальная модель (а - общий вид; б – параметры модели; в – размещение узловых деталей в торцах деревянных элементов):

1 – стальные направляющие экспериментальной установки; 2 – твердая резина (210x60x10 мм); 3 – шайба переменной изгибной жесткости; 4 – центрирующий плиточный шарнир; 5 – центрирующий шарик; 6 – жесткий штамп; 7 – деревянный элемент; 8 – деревянные распорки; 9 – ударный стержень; 10 – роликовые катки

Как и следовало ожидать, были получены резко различные картины деформаций древесины под штампом и шайбой с увеличивающейся к середине изгибной жесткостью (рис. 2).

Результаты испытаний указывали на необходимость постановки детальных численных исследований НДС древесины под шайбами в целях выявления опасных концентраторов напряжений и опасных зон деформирования, возникающих при ударах по торцам, а впоследствии и разработки конструктивных мер, повышающих надежность работы древесины при воздействиях такого рода.

В работе [1] экспериментально и численно подтверждалось, что причиной расслоения древесины в узлах конструкций с местной передачей усилий на торцы деревянных элементов могут быть концентраторы нормальных и скалывающих напряжений, возникающие под краями традиционных, чрезмерно жестких, шайб-траверс.

Использование в аналогичных узлах шайб с переменной изгибной жесткостью [2, 3] позволяет избавиться от опасных концентраторов напряжений.

Экспериментальные исследования, описанные в работе [1], проводились на статические нагрузки. Очевидно, что при действии местной ударной нагрузки напряженно-деформированное состояние древесины усугубляется.

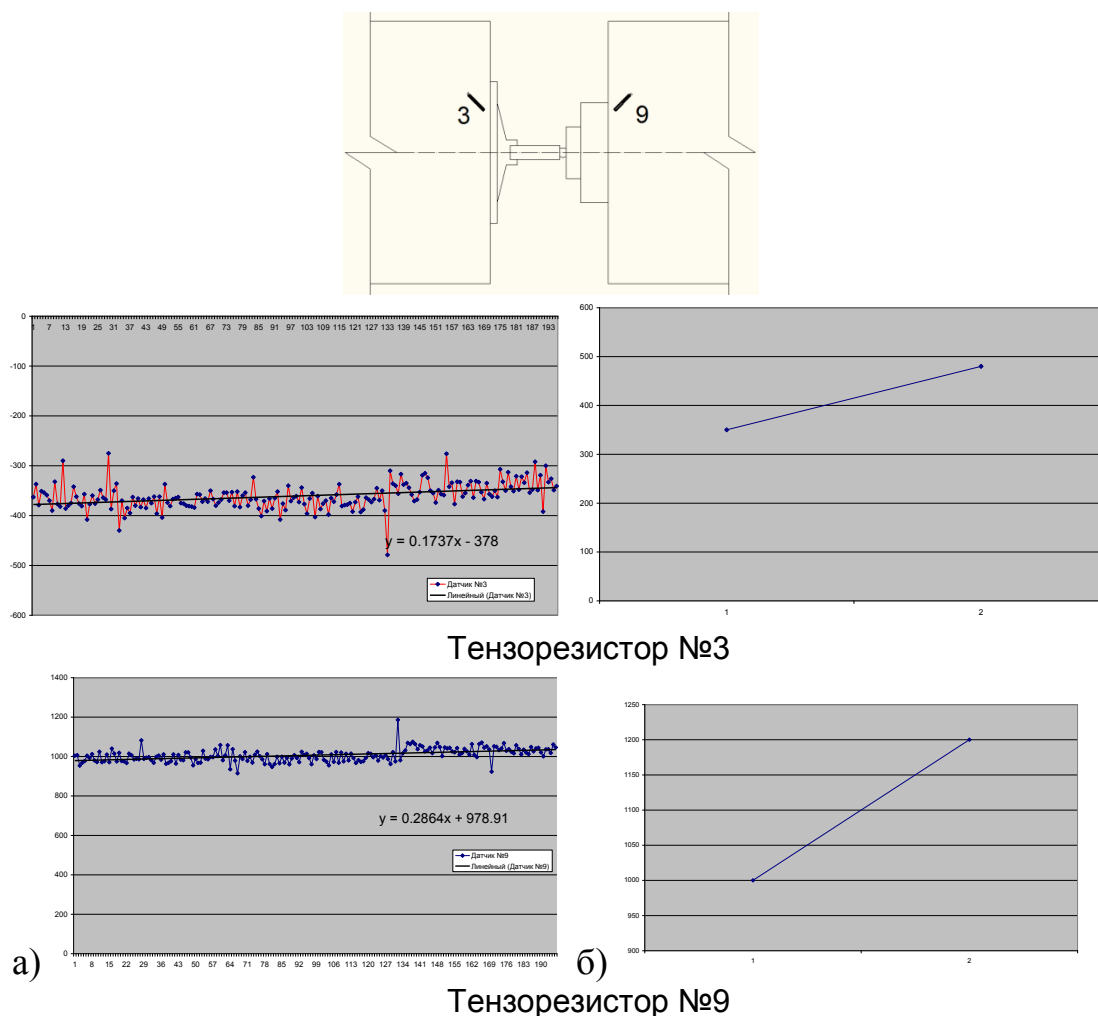


Рис. 2 - Работа диагональных тензорезисторов под краями узловых деталей (а) и графики их показаний при ударе (б): первая точка определяет усредненное показание датчика в состоянии покоя; вторая точка определяет показание датчика в момент удара

Ударные (импульсные) воздействия в аналогичных узлах возможные, например, при сейсмических толчках основания, - способны вызвать хрупкое разрушение древесины под краями жестких узловых деталей.

Очевидно, что одной из ключевых инженерных задач, в данном случае, является «гашение» динамического характера местных воздействий. В связи с этим, некоторые конструктивные решения можно заимствовать, например, из области авиа-, машиностроения, а также производства вооружения. В упомянутых областях для смягчения ударных воздействий применяют различные амортизаторы или демпферные устройства: прокладки из твердых резин (полисульфид каучука), рессорные или тарельчатые пружины и т.д.

В настоящей работе представлены отдельные результаты экспериментальных исследований, целью которых являлось определение зависимости силы удара (а именно коэффициента динамичности) от конструкции узловой шайбы: штампа, как аналога традиционной жесткой траверсы и шайбы с переменной изгибной жесткостью. Кроме того оценивалось влияние на динамичность воздействия демпферной прокладки из твердой резины. Результаты эксперимента сопоставлялись с численной моделью.

На рисунке 1 представлена экспериментальная модель: две одинаковые сосновые доски 50x380x1200 мм размещены в горизонтальном стальном контуре. Для исключения влияния трения деревянные элементы в контуре имели необходимые зазоры и роликовые катки. В торцах деревянных элементов размещались сменные узловые детали: жесткий штамп, шайба с переменной изгибной жесткостью и прокладки из твердой резины. Для определения НДС древесины непосредственно у торцов по пластям досок (под краями и серединами шайб) были наклеены тензорозетки датчиков с базой 20 мм. В качестве регистрирующего устройства использовалась микропроцессорная многоканальная тензометрическая система ММТС 64.01 (производитель: «ФГУП СибНИА им. С.А. Чаплыгина», г. Новосибирск).

В процессе испытаний по одному из торцов элементов выполнялся удар стальным молотом, в то время как торец другого элемента имел жесткий упор. Силы ударов хотя и были неизвестны, но в то же время были одинаковыми для исследуемых торцов деревянных элементов под разными узловыми деталями. После каждого удара и снятия показаний с тензорезисторов производилась смена шайб. Повторение эксперимента проводилось после «отдыха» конструкции.

На рисунке 2,а показана работа датчиков при испытании. Отчетливо виден «всплеск» показаний тензорезисторов в момент удара.

По результатам обработки показаний датчиков устанавливались соотношения коэффициентов динамичности. На рис. 2,б показаны графики обработки показаний датчиков. Первые точки графиков определяют усредненное показание датчика в состоянии покоя, а вторые точки - в момент удара. Соотношения коэффициентов динамичности  $\Delta K_{дин}$  определялись через разности этих показаний для соответствующих датчиков:

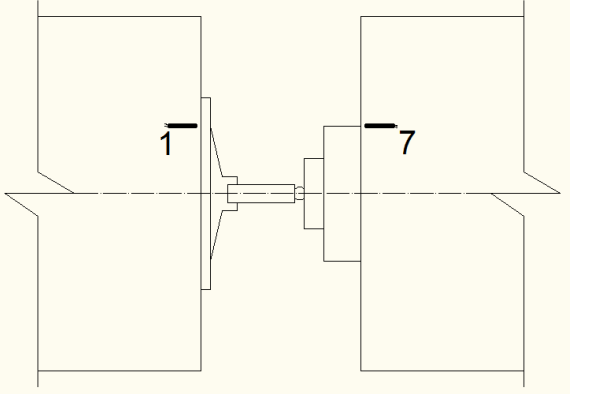
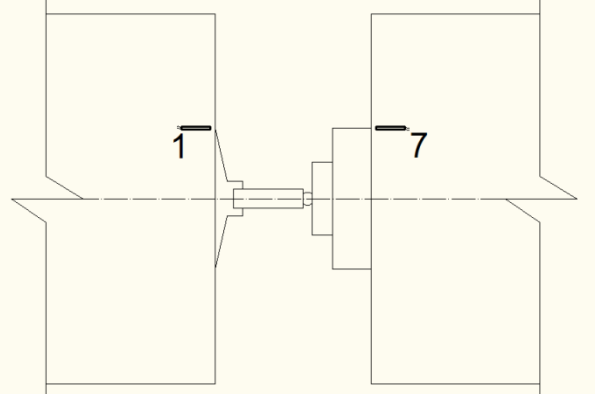
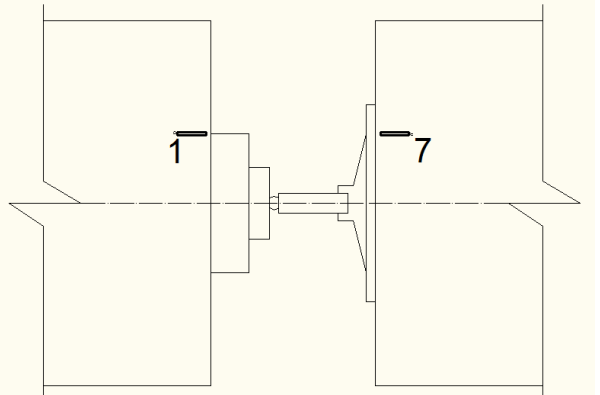
$$\Delta K_{дин} = \frac{\Delta a_1}{\Delta a_2} = \frac{a_{1,удар} - a_{1,покой}}{a_{2,удар} - a_{2,покой}}.$$

По результатам эксперимента коэффициент динамичности для древесины под жестким штампом оказался больше по сравнению с древесиной под шайбой переменной изгибной жесткости с резиновой амортизирующей прокладкой примерно в 1,4 - 2 раза. При отсутствии демпферной прокладки (загружение №2, табл.1) коэффициент динамичности для древесины под жестким штампом был в пять и более раз выше, нежели под шайбой с переменной изгибной жесткостью. Разницу этих соотношений коэффициентов динамичности (в два раза и в пять раз), пожалуй, можно объяснить тем, что амортизирующая

прокладка под шайбой с переменной изгибной жесткостью при ударе одновременно являлась демпфером и для древесины под жестким штампом.

В таблице 1 представлены характеристики загрузений.

Таблица 1 - Характеристики загрузений

№ загрузки,	Характеристика загрузки	Эскиз
1	Слева шайба с переменной изгибной жесткостью с твердой резиной; справа жесткий штамп	
2	Слева шайба с переменной изгибной жесткостью; справа жесткий штамп	
3	Слева жесткий штамп; справа шайба с переменной изгибной жесткостью с твердой резиной	

Установка под шайбы резиновой подкладки снижает чувствительность датчиков и, соответственно, уменьшает коэффициент динамичности.

Для построения численной модели эксперимента (рис. 3,а) использовался вычислительный комплекс LIRA. В линейной постановке решались плоские задачи теории упругости. Древесина в расчетной схеме моделировалась как упругий неоднородный (с учетом различия свойств заболонной и ядровой части

досок) ортотропный материал, в соответствии с реальными упругими характеристиками, полученными экспериментально:

- в зоне ядра:  $E_0 = 7680 \text{ МПа}$ ,  $E_{90} = 375 \text{ МПа}$ ,  $G = 904 \text{ МПа}$ ,  $\nu_{0,90} = 0,022$ ,  
 $\nu_{90,0} = 0,45$ ;

- в зоне заболони:  $E_0 = 14330 \text{ МПа}$ ,  $E_{90} = 1350 \text{ МПа}$ ,  $G = 1570 \text{ МПа}$ ,  
 $\nu_{0,90} = 0,042$ ,  $\nu_{90,0} = 0,45$ .

Поскольку в эксперименте силы ударов были неизвестны, то в расчетной модели была задана условная нагрузка от груза 10 кН, падающего на торец деревянного элемента с высоты 1 м.

В результате динамического расчета выявлены картины НДС древесины под узловыми шайбами (рис. 3, б-г):

1) под краями жесткого штампа возникают концентраторы нормальных напряжений  $\sigma_0$  (вдоль волокон) и  $\sigma_{90}$  (поперек волокон), скальвающих напряжений  $\tau$ ;

2) под шайбой переменной изгибной жесткости с резиновой подкладкой все компоненты напряжений были меньше, и характер их распределения по площади контакта узловой детали торца деревянного элемента был более равномерным;

3) в качественном отношении характер распределения нормальных и скальвающих напряжений оставался аналогичным картинам НДС при статических загрузках [1], однако при ударе величины напряжений увеличились «на порядок».

В соответствии с методикой [4], были определены коэффициенты динамичности и их соотношения для древесины под соответствующими узловыми деталями (под жестким штампом и под шайбой с переменной изгибной жесткостью с резиновой демпферной прокладкой); коэффициент динамичности для древесины под жестким штампом в 1,2 раза превышал соответствующую величину под шайбой с переменной изгибной жесткостью и амортизирующей прокладкой:  $\Delta K_{дин} \approx 1,2$ .

В результате, можно отметить, что сходимость экспериментальной и численной моделей составила порядка 20%, что в исследованиях местного НДС анизотропных неоднородных материалов считается вполне удовлетворительным.

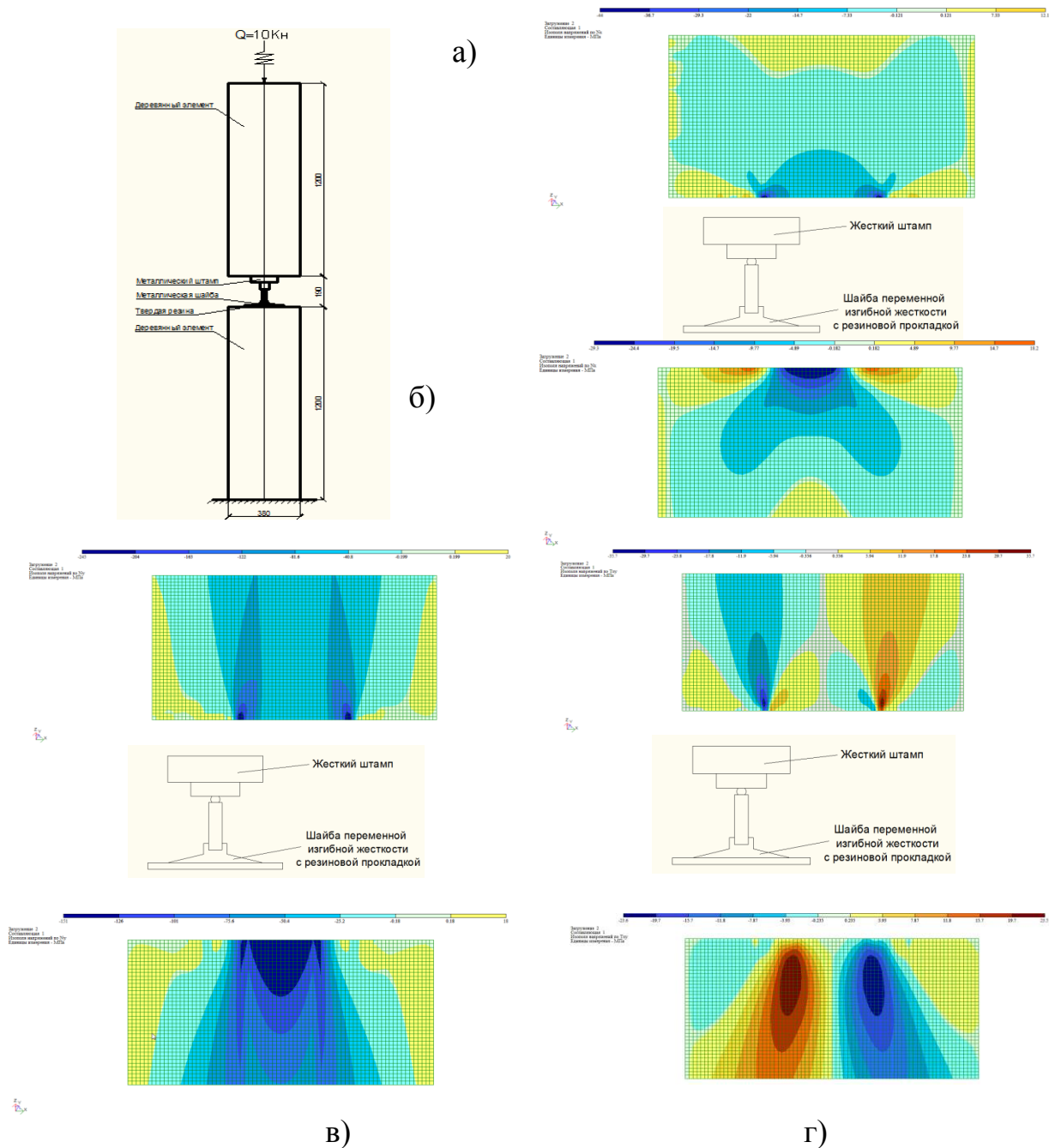


Рис. 3 - Численная модель эксперимента (а) и напряженно-деформированное состояние под узловыми деталями (б, в, г):  
 б) – изополя нормальных напряжений поперек волокон  $\sigma_{90}$  под жестким штампом ( $\sigma_{90}^{\max} = 44 \text{ МПа}$ ) и под шайбой переменной изгибной жесткости с твердой резиной ( $\sigma_{90}^{\max} = 29,3 \text{ МПа}$ ); в) – изополя нормальных напряжений вдоль волокон  $\sigma_0$  под жестким штампом ( $\sigma_0^{\max} = 245 \text{ МПа}$ ) и под шайбой переменной изгибной жесткости с твердой резиной ( $\sigma_0^{\max} = 151 \text{ МПа}$ ); г) - изополя скальвающих напряжений  $\tau$  под жестким штампом ( $\tau^{\max} = 35,7 \text{ МПа}$ , - на расстоянии 15 мм от торца элемента) и под шайбой переменной изгибной жесткости с твердой резиной ( $\tau^{\max} = 23,6 \text{ МПа}$ , - на расстоянии 55 мм от торца элемента)



Таким образом, проведенные экспериментальные и численные исследования позволяют сделать ряд основных выводов:

1. При ударных местных давлениях в узлах деревянных конструкций, вызванных, например, сейсмическими толчками, - в количественном отношении напряженно-деформированное состояние в торцах деревянных элементов усложняется, и чрезмерная жесткость узловых шайб-траверс может вызвать хрупкое расслоение древесины под краями последних. Как и в случаях эксплуатационных статических воздействий, при импульсных нагрузках под краями жестких траверс возникают концентраторы нормальных и скалывающих напряжений, однако значительно выше по величине, что еще больше усложняет ситуацию.

2. Представляется возможным в данном случае предусматривать два основных конструктивных мероприятия, решаемых в комплексе:

- во-первых, с целью снижения концентраторов нормальных и скалывающих напряжений и равномерного напряженно-деформированного состояния, использовать в аналогичных узлах - шайбы с переменной изгибной жесткостью;

- во-вторых, для «гашения» динамического характера местных усилий, устраивать между торцами деревянных элементов и узловыми шайбами - демпферные амортизирующие устройства, например, прокладки из твердой резины.

Вообще, является целесообразным дальнейшее проведение экспериментальных и численных исследований (в том числе с решением пространственных задач теории упругости) с поиском новых конструктивных решений узлов, обеспечивающих благоприятное НДС древесины в аналогичных узлах конструкций.

#### Список литературы

1. Михайленко, О.А. Экспериментальные исследования работы узлов деревометаллической треугольной безраскосной фермы / О.А. Михайленко // Изв. вузов. Строительство – 2007. - №6. – С. 123-127.

2. Пат. 2235836 RU, 7 Е 04 С 3/42. Опорный узел деревометаллической конструкции / Дмитриев П. А., Михайленко О. А.; Заявлено 09.12.2002; Опубл. 10.09.2004, Бюл. № 25.

3. Пат. 2256752 RU, С2 Е 04 В 1/58. Коньковый узел деревянной конструкции / Дмитриев П. А., Михайленко О. А.; Заявлено 10.07.2003; Опубл. 20.07.2005, Бюл. № 20.

4. Справочник по динамике сооружений. М., Стройиздат, 1972.

УДК 696.11

## СЕМЕЙСТВА МАНОМЕТРОВ И ТЕРМОМЕТРОВ ВОДОМЕРНЫХ УЗЛОВ В REVIT

М.В. Пантелеев<sup>1</sup>, И.А. Бахтина<sup>1</sup>, А.Н. Корнеев<sup>2</sup>

*1. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

*2. Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Описаны особенности выбора и размещения манометров и термометров в водомерных узлах при проектировании систем водоснабжения в Revit.

**Ключевые слова:** манометры, термометры, семейство, детализация, Revit.

## FAMILIES OF MANOMETERS AND WATER METER THERMOMETERS IN REVIT

M.V. Panteleev<sup>1</sup>, I.A. Bakhtina<sup>1</sup>, A.N. Korneev<sup>2</sup>

*1. Altai State Technical University named after I.I. Polzunova*

*2. Rubtsovsky Industrial Institute (branch) of the federal government's budget educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunova"*

**Annotation.** The features of the selection and placement of manometers and thermometers in water metering units are described when designing water supply systems in Revit.

**Key words:** pressure gauges, thermometers, family, detailing, Revit.

Системы водоснабжения и водоотведения – это логические объекты, облегчающие расчет расхода и размеров оборудования, они существуют независимо от трубопроводов, нанесенных на план для иллюстрации трассировки и соединений между сантехническими приборами. После размещения приборов в проекте для соединения компонентов сантехнической системы можно создать системы бытового горячего водоснабжения, бытового холодного водоснабжения и канализации [1].

Сантехнические системы создаются одним из двух способов:

- При первоначальном размещении приборов в проекте добавляются приборы, не назначенные ни одной системе. При добавлении трубопровода для соединения компонентов они автоматически назначаются системе.

- Компоненты можно выбирать и вручную добавлять в систему. После назначения компонентов системе можно использовать инструмент *Рабочий процесс формирования компоновки*, чтобы определить трассировку труб и автоматически создать трубопровод для системы.

По умолчанию имеется три типа сантехнических систем: бытовое горячее водоснабжение, бытовое холодное водоснабжение и канализация. Для обработки других типов компонентов и систем можно *создавать пользовательские типы систем*. Например, можно создать приточную систему высокого давления. Кроме того, можно изменить параметры типа системы,

включая переопределения графики, материалов, расчетов, сокращений и обозначений подъемов/опусков.

При проектировании сантехнической системы необходимо пользоваться специальными видами, предназначенными для соответствующих категорий. Это дает возможность размещать и просматривать компоненты в системах. Поскольку компоненты размещаются на определенной высоте в пространствах проекта, создаваемые виды должны иметь соответствующий секущий диапазон и категорию.

В Revit предусмотрено несколько шаблонов видов для автоматического задания многих из свойств, необходимых для определения видов для конкретной категории [1].

Термометры и манометры с импульсными трубками - с импульсной трубкой, и соединитель размещён на конце импульсной трубки. Доступны два варианта: с прямой и угловой импульсной трубкой.

Термометры и манометры без импульсных труб - для прямой установки на трубу, также доступны два варианта: подключение снизу и сзади [1].

Визуально на высокой детализации термометры и манометры не отличаются, но на средней и низкой можно понять, кто есть кто, по УГО [1].

Для семейств на импульсных трубках добавлен угол поворота измеряющего прибора. На рисунках 1, 2 видно, что термометр и манометр повернуты. Это настраивается в свойствах семейства, выделяете и задаёте угол от 0 до 360° (рисунок 3) [1].

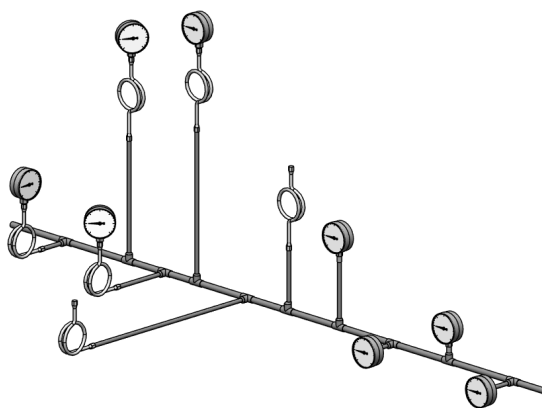


Рис. 1 - Высокая детализация

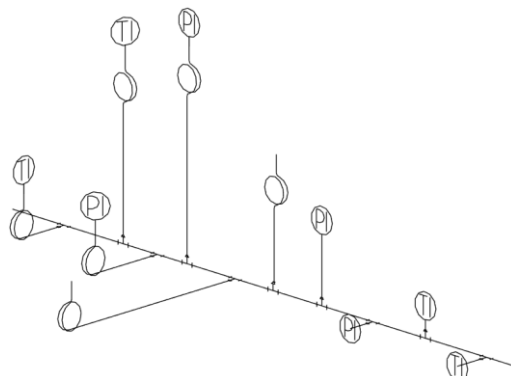


Рис. 2 - Средняя и низкая детализации

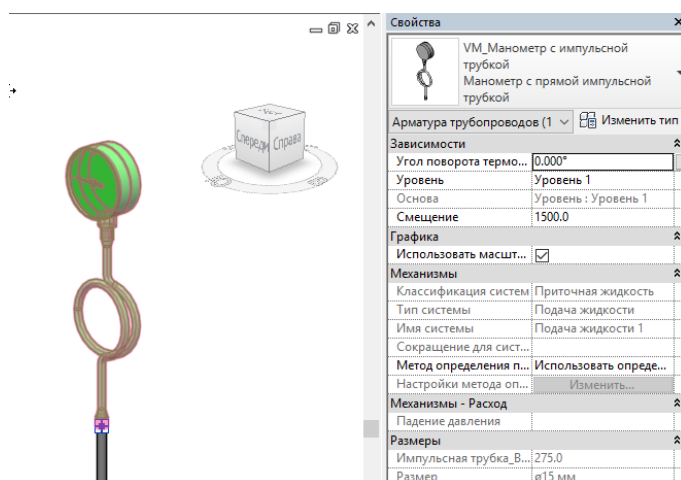


Рис. 3 - Повернёт при 0°

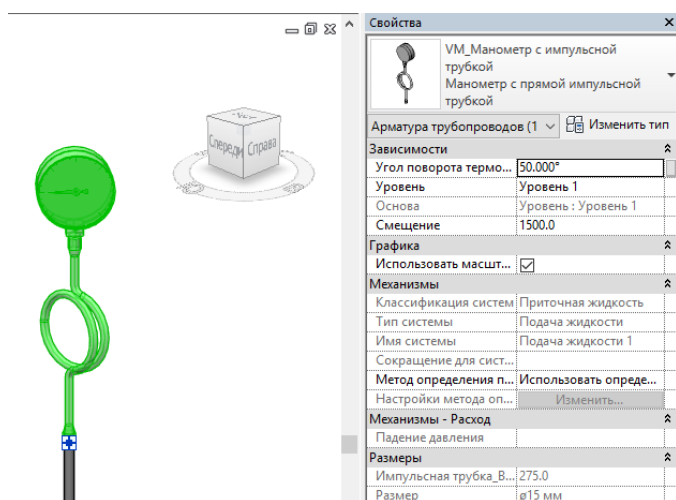


Рис 4. - Поворот при 50°

С помощью углов проще настроить положение приборов.

Кроме того, повернуть семейство можно и стандартными ручками поворота (рисунок 4, 5):

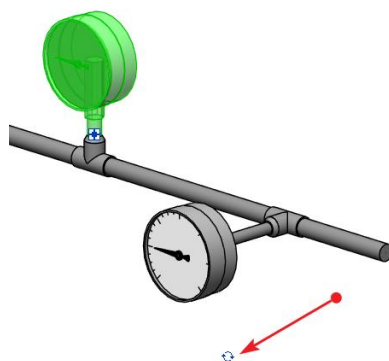


Рис. 5 - Вращение семейства кратно 90°

Чтобы приборы вставали в сеть, но не нарушали передачу расхода после себя соединители настраиваются, как показано на рисунке 6.

Соединительный элемент (1) <span>Изменить тип</span>	
<b>Механизмы</b>	
Коэффициент K	0.000000
Коэффициент расхода	0.000000
Конфигурация потока	Заданный
Направление потока	Внутрь
Метод определения п...	Не задано
Разрешить регулиров...	<input type="checkbox"/>
Классификация систем	Глобальный
<b>Механизмы - Расход</b>	
Расход	0.00 л/с
Падение давления	0.00 Па
<b>Размеры</b>	
Диаметр	15.0
<b>Идентификация</b>	
Инженерная сеть	<input type="checkbox"/>
Описание соединителя	

Рис. 6 - Настройки соединителя манометров, термометров и импульсных трубок

Алгоритм установки семейства в систему:

Размещать подобную арматуру, как и всякие воздухоотводчики, очень неудобно, несмотря на то, что в Revit есть даже отдельные типы детали вроде «Торцовая крышка» и «Датчик». По факту всё это или не работает, или работает плохо. «Датчик» устанавливается не в той плоскости, что нужно, а «Торцовая крышка» не позволяет крутить семейство ручками поворота - рисунок 7 [1].

Подключение снизу



план

Рис. 7 - План для подключения семейства

1) Размещаем прибор на плане, сразу задаём ему смещение выше трубы - рисунок 8.

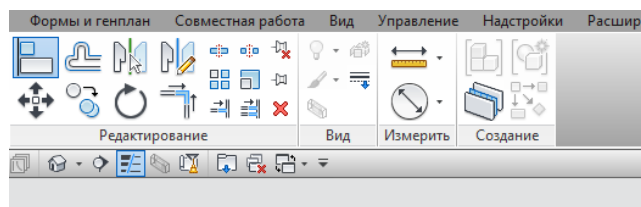


Рис. 8 - Размещение семейства

2) Выравниваем прибор по оси трубы. Для удобства добавляем вспомогательную линию, по которой можно выровнять прибор по его точке подключения - рисунок 9.

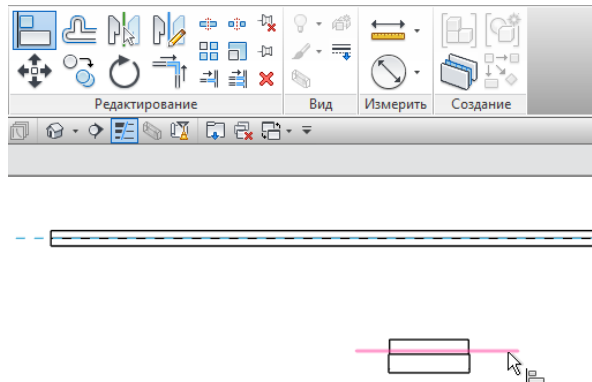


Рис. 9- Выравнивание

Вспомогательная линия подсветится, когда вы наведёте курсор на прибор. Все остальные линии, кроме центральной, отключены, чтобы они не мешались - рисунок 10.

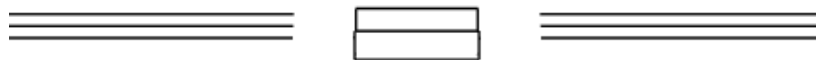


Рис. 10 - Результат после выравнивания

3) Далее необходимо выделить прибор на ленте и выбрать функцию «Присоединить к», после чего кликнуть по трубе, к которой нужно присоединить семейство, - рисунки 11 -13.

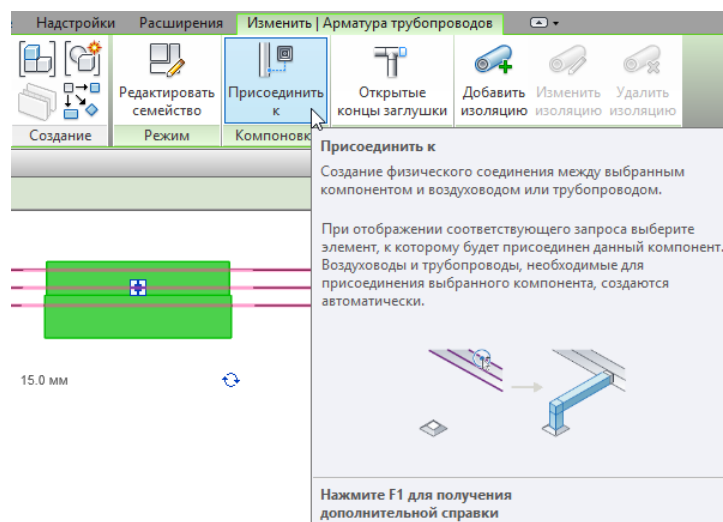


Рис. 11 - Присоединение семейства



Рис. 12 - Присоединение семейства

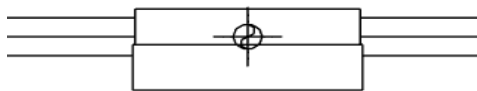


Рис. 13 - Конечный результат

#### Список литературы

1. Revit-библиотека: манометры и термометры URL: <https://zen.yandex.ru/media> (дата обращения 28.09.20)

#### УДК 620.92

### АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

С.М. Тюнин<sup>1</sup>, И.А. Бахтина<sup>1</sup>, А.Н. Корнеев<sup>2</sup>

*1. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

*2. Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Проведён анализ различных факторов, влияющих на интенсивность солнечного излучения, приведены исходные данные для расчёта потенциала солнечной энергетики Алтайского края.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, валовый потенциал, солнечное излучение, рассеянная солнечная радиация, полное излучение.

### ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE INTENSITY OF SOLAR RADIATION IN DETERMINING THE POTENTIAL OF SOLAR ENERGY

S.M. Tyunin<sup>1</sup>, I.A. Bakhtina<sup>1</sup>, A.N. Korneev<sup>2</sup>

*1. Altai State Technical University named after I.I. Polzunova*

*2. Rubtsovsky Industrial Institute (branch) of the federal government's budget educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunova"*

**Annotation.** The analysis of various factors influencing the intensity of solar emitting is carried out, the initial data for calculating the potential of solar energy in the Altai Territory are presented.

**Key words:** solar energy, gross potential, solar radiation, scattered solar radiation, total emitting.

Мировой энергетический кризис 70-х годов 20 века стимулировал развитие нетрадиционной и возобновляемой энергетики. В настоящее время внедрение

установок возобновляемой энергетики включено в планы энергетической стратегии развития практически во всех странах мира. Как показывает опыт стран Европейского союза, использование установок возобновляемой энергетики позволяет удовлетворить потребности в электрической и тепловой энергии.

Из всех ресурсов возобновляемой энергетики: вода, ветер, солнце, геотермальная энергия и другие - наиболее доступной и технологически просто реализуемой является солнечная энергия. По предварительным оценкам, Россия характеризуется большим потенциалом солнечной энергии и наибольший потенциал имеют Южный федеральный округ, юг Сибири и Дальнего Востока. Исследования показывают, что Алтайский край находится в более выгодном положении.

Однако для внедрения установок солнечной энергетики необходимо оценить потенциал солнечной энергетики в регионе, выбрать место размещения установок с учётом различных факторов: продолжительности солнечного сияния, мощности потока солнечной радиации, близости энергопотребителей и т.д.

Суммарное солнечное излучение - это сумма прямого и рассеянного излучений. Количество солнечной энергии, которая приходится на единичную площадь, зависит от следующих факторов:

- географических координат местности (северной широты и восточной долготы),
- особенностей климата в данной местности и времени года,
- состояние и параметры атмосферного воздуха (его влажности, плотности, загрязнённости),
- особенностей рельефа местности,
- суточного и годового движения Земли,
- угла наклона рассматриваемой поверхности по отношению к падающим солнечным лучам.

При оценке потенциала солнечной энергии необходимо учитывать, что часть излучения поглощается и рассеивается в атмосфере. Очевидно, что от угла падения лучей будет зависеть количество солнечного излучения, достигающего до поверхности Земли.

Широта расположения рассматриваемой площадки и время года влияют на продолжительность дня, а следовательно, количество часов солнечного сияния.

Особенности климата местности определяют такие параметры атмосферного воздуха, как влажность и плотность. При высокой плотности и влажности будет увеличиваться рассеянная солнечная энергия и уменьшаться интенсивность солнечного излучения. Также фактором, увеличивающим рассеянное солнечное излучение, является загрязнение атмосферного воздуха, особенно касается это мегаполисов и регионов с большими выбросами в атмосферу. Поэтому в одном и том же регионе на разных площадках будет разное солнечное излучение.



Особенности рельефа местности и характер земной поверхности определяют их отражательную способность. Поэтому, например, для чернозёма количество отраженной энергии будет составлять от 5 до 14 %, а для песка 30 - 35 %. Очевидно, что если количество отражённой энергии будет достаточно много, то увеличится рассеянная солнечная энергия.

Распределение по территории России среднемесячных дневных значений суммарной солнечной радиации, падающей на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной плоскости (кВт·ч/(м<sup>2</sup>·день)), приведено на рисунке 1.



Рис. 1 – Распределение солнечной радиации на территории России

Согласно предварительным оценкам Алтайский край характеризуется значительным потенциалом солнечной энергетики.

Для расчёта валового потенциала солнечной энергетики, как было сказано выше, необходимыми являются географические координаты (северная широта и восточная долгота). Координаты основных характерных районов Алтайского края приведены в таблице 1. Координаты приняты согласно всемирной системе координат WGS 84, которая используется в спутниковой системе глобального позиционирования и навигации GPS.

Таблица 1 – Широта и долгота характерных районов Алтайского края

Район	Широта	Долгота
Алейск	52°30' с. ш.	82°47' в. д.
Барнаул	53°20'50" с. ш.	83°46'42" в. д.
Бийск-Зональная	52°31' с. ш.	85°10' в. д.
Змеиногорск	51°10' с. ш.	82°10' в. д.
Родионо	52°30' с. ш.	80°14' в. д.
Рубцовск	51°31'38" с. ш.	81°13'07" в. д.
Славгород	53°00' с. ш.	78°39' в. д.
Тогул	53°27'48" с. ш.	85°54'34" в. д.

Как следует из данных таблицы 1, города и основные населённые пункты Алтайского края расположены от 51°10' с. ш. до 53°27'48" с. ш. и от 78°39' в. д. до 85°54'34" в. д.

На следующем этапе формирования исходных данных для всех характерных регионов Алтайского края СП131.13330.2018 была определена справочная величина суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, которая сведена в таблицу 2.

Таблица 2 – Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность для характерных районов Алтайского края

Город пункт	месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Алейск	149	255	489	676	863	905	887	727	527	345	174	114
Барнаул	140	246	479	670	861	904	885	723	518	333	166	106
Бийск - Зональная	149	255	489	676	863	905	887	727	527	345	174	114
Змеиногорск	163	271	506	687	866	906	890	735	541	364	188	127
Родионо	149	255	489	676	863	905	887	727	527	345	174	114
Рубцовск	159	267	501	684	865	906	889	733	537	359	184	124
Славгород	144	250	483	672	862	905	886	724	521	338	169	109
Тогул	138	244	476	668	861	904	885	721	516	331	164	104

По этим данным определяется продолжительность солнечного сияния в течение суток. Основная методика расчёта изложена в [3].

На основе расчёта продолжительности солнечного сияния будут произведены расчёты склонения солнца, часового угла солнца и продолжительности солнечного сияния в течение суток по месяцам и в течение года для всех характерных районов Алтайского края, приведённых в таблице 1. На основании расчётов будут построены аналитические зависимости продолжительности солнечного сияния по месяцам года, определены районы, характеризующиеся наибольшей продолжительностью солнечного сияния, а следовательно, наиболее перспективные для внедрения установок солнечной энергетики.

#### Список литературы

1. Перспективы внедрения солнечных и ветряных электростанций в России URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/vozobnovlyaemye-istochniki-energii/545613-perspektivy-vnedreniya-solnechnykh-i-vetryanykh-elektrostantsiy-v-rossii/> (дата обращения 28.09.20)
2. Возобновляемые источники энергии в условиях Сибири URL: <https://altenergiya.ru/apologiya/vozobnovlyaemaya-energetika-v-sibiri.html> (дата обращения 28.09.20)
3. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К., Солнечная энергетика: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - С. 271.

## СЕКЦИЯ 5. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Председатель секции: кандидат технических наук, заведующий  
кафедрой «Электроэнергетика» Гончаров Сергей Алексеевич

УДК 621.3

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МИНИ-ПРЕДПРИЯТИЙ

О.П. Балашов

Рубцовский индустриальный институт АлтГТУ

**Аннотация.** В статье рассмотрены направления повышения надежности электроснабжения мини-предприятий. Предлагается выбор крупнозатратных мероприятий осуществлять в рамках многокритериальной задачи с учетом их важности.

**Ключевые слова.** Повышение надежности, электроснабжение, мини-предприятие, многокритериальная задача.

### IMPROVING RELIABILITY OF WORKSHOP POWER SUPPLY OF MINI-ENTERPRISES

O.P. Balashov

Rubtsovsky industrial Institute of AltSTU

**Summary.** The article discusses ways to improve the reliability of power supply to mini-enterprises. It is proposed to select large-cost measures within the multi-criteria task, taking into account their importance.

**Keywords.** Improving reliability, power supply, mini-enterprise, multi-criterion task.

Повышение надежности цехового электроснабжения для различных предприятий всегда остается актуальным вопросом, так как напрямую затрагивает выполнение технологических процессов по производству продукции и вследствие этого успешности предприятия как субъекта экономической деятельности. Но если для крупных предприятий обслуживание потребителей электрической энергии не является проблемным за счет наличия специализированного отдела главного энергетика, куда входит большое количество служб, деятельностью которых в том числе является повышение надежности цехового электроснабжения, то для мини-предприятий [1] этот вопрос является достаточно проблемным.

Мини-предприятия представляют собой потребитель, имеющий в своем составе элементы второго уровня электроснабжения [1, 2] и частично электроустановки третьего уровня. Но при этом источники питания трансформаторные подстанции (ТП) не относятся к потребителю, а стоят на балансе энергоснабжающей компании. Если обслуживание и ремонт источников питания выполняется специализированной организацией, у которой есть возможности для обеспечения, в том числе надежного электроснабжения электроустановок, то у мини-предприятий обслуживание электроустановок осуществляется собственными силами. Но ввиду невозможности по экономическим соображениям иметь собственную службу энергетика работу в

электроустановках осуществляют привлекаемые со стороны специалисты. Соответственно, определяется комплекс работ по обслуживанию и ремонту электроустановок, а вопросы, относящиеся к надежности электроснабжения потребителей или экономии электрической энергии, отходят на второй план.

Но сегодня вопросы, связанные с обеспечением надежности электроснабжения, становятся для таких предприятий всё более актуальными. Во-первых, это связано с нормальным функционированием электроустановок и обеспечением технологического процесса, во-вторых, с предотвращением развития различных ненормальных режимов, в том числе и аварийных (например: коротких замыканий) в системе электроснабжения и, как следствие, сохранения технологического процесса выпуска продукции, в-третьих, усложнением технологических процессов и введением автоматизированных и компьютеризированных устройств, требующих более высокого уровня надежности своего питания.

Существует несколько общеизвестных направлений повышения надежности цехового электроснабжения, но, как правило, в качестве основных выделяют [3]:

- 1) применение рационального резервирования электросиловых трансформаторов;
- 2) использование перегрузочной способности элементов электроснабжения (трансформаторов и кабельных линий);
- 3) сокращение времени и повышение качества всех видов ремонтных работ;
- 4) повышение квалификации оперативного персонала;
- 5) рациональная организация труда и совершенствование технического обслуживания;
- 6) применение нового современного и модернизация действующего электрооборудования.

Использование ряда мероприятий для повышения надежности в системе цехового электроснабжения мини-предприятий малоэффективно или не является возможным. Например: применение рационального резервирования требует установку дополнительного независимого источника питания, которого в реальности может и не быть или требуется значительные капитальные затраты на его приобретение. А использование достаточно широко перегрузочной способности элементов электроснабжения способствует, наоборот, снижению надежности, так как, влияя на работу трансформаторов и кабельных линий, приводит к быстрому старению изоляции и, соответственно, быстрому выходу их из строя. Мероприятия, направленные на повышение организации работ в электроустановках с учетом действия электротехнического персонала, ограничены финансовыми ресурсами предприятия, как и применение нового и модернизация действующего оборудования.

На наш взгляд, вопрос повышения надежности цехового электроснабжения для мини-предприятий следует рассматривать в более широком плане, при этом учитывать не только вышеперечисленные мероприятия, но и ряд других,

которые косвенно могут влиять на повышение надежности. Кроме того их следует в первую очередь разделить на группы с позиции экономических показателей и тех затрат, которые понесет предприятие при их реализации.

К малозатратным следует отнести:

- 1) сокращение времени и повышение качества всех видов ремонтных работ;
- 2) совершенствование технического обслуживания с учетом оценки технического состояния оборудования и прогнозирование остаточного ресурса;
- 3) совершенствование организации ремонтных работ за счет оценки (прогнозирования) оборудования;
- 4) снижение насыщения системы электроснабжения избыточными элементами;
- 5) целесообразная компоновка электроустановок с обоснованием прокладки электропроводок внутри помещений.

К крупнозатратным следует отнести:

- 1) применение рациональной схемы подключения электрооборудования к сети общего электроснабжения;
- 2) повышение качества электрической энергии;
- 3) компенсация реактивной мощности в распределительных устройствах;
- 4) применение рационального резервирования не только силовых трансформаторов, но и дизель-генераторов и аккумуляторных батарей;
- 5) применение более современного и модернизация действующего электрооборудования и элементов электроснабжения.

Соответственно, в первую очередь речь идет об использовании широко малозатратных мероприятий, которые по отношению к крупнозатратным являются предпочтительными в экономическом плане. И только после того как их эффективность будет исчерпана, переходить к применению крупнозатратных.

Вопрос выбора того или иного мероприятия переходит в рамки многокритериальной оценки и оптимизации критериев по минимуму затрат. В этом случае следует рассматривать целевую функцию с ранжированием критериев по затратам [4].

Пусть каждое крупнозатратное мероприятие представляет собой функцию, входящую в многокритериальную оценку. Тогда математическая постановка многокритериальной задачи может быть представлена следующим образом:

$$F(x) = [ a_1 \cdot f_1(x), a_2 \cdot f_2(x), a_3 \cdot f_3(x), a_4 \cdot f_4(x), a_5 \cdot f_5(x), ] \rightarrow \min, \quad (1)$$

$x \in X$

где  $x$  – оптимизируемый вариант системы;

$X$  – некоторое конечное множество вариантов системы;

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  – весовые коэффициенты, соответствующие определенному мероприятию;

$f_1(x), f_2(x), f_3(x), f_4(x), f_5(x)$  – функции мероприятий, направленных на повышение надежности.

Таким образом, повышение надежности цехового электроснабжения мини-предприятий следует рассматривать с учетом ранжирования всех мероприятий по экономическим затратам, а обоснование выбора крупнозатратных мероприятий эффективнее осуществлять в рамках решения многокритериальной задачи с учетом их важности.

#### Список литературы

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин. – 2-е изд. – М.:Интернет Инжиниринг, 2006. – 672с.
2. Балашов О.П. Электроснабжение: Учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению 140400 "ЭиЭ" всех форм обучения/ О.П. Балашов. - Электрон. ресурс - Рубцовск: РИИ, 2014. - 126 с.
3. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учеб. пособие/ Э.А. Киреева. - М.: Кнорус, 2011. - 368 с.
4. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология М.: Машиностроение – 1, 2004.

#### УДК 621.3

### **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ЗАМЕНЫ КОММУТАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ВАКУУМНОГО И ЭЛЕГАЗОВОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ**

А.О. Зайцев, А.А. Драгунов, М.В. Аполон, О.П. Балашов

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** В статье рассматривается метод перевода одной величины теории надежности, доступной в спецификации к большинству высоковольтного оборудования, к другой более удобной для оценки оборудования величине. Приводится пример применения метода в сравнительном анализе двух коммутационных устройств.

**Ключевые слова:** теория надежности, вероятность отказа, интенсивность отказов, коммутационное оборудование, комплектное распределительное устройство

### **INCREASING THE RELIABILITY OF THE ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM BY REPLACING THE SWITCHING EQUIPMENT. COMPARATIVE ANALYSIS OF RELIABILITY OF VACUUM AND ELEGAS CIRCUIT BREAKERS.**

A.O. Zaitsev, A.A. Dragunov, M.V. Apolon, Balashov O.P.

*Rubtsovsk industrial Institute (branch)*

*Federal state budget educational institution of higher education*

*«The Altai state technical University them. I. I. Polzunov»*

**Annotation.** The article discusses the method of converting one quantity of the theory of reliability, available in the specification to most high-voltage equipment, to another more convenient value for evaluating equipment. An example of the application of the method in a comparative analysis of two switching devices is given.

**Keywords:** reliability theory, probability of failure, failure rate, switching equipment, switchgear

В современных комплектных распределительных устройствах среднего напряжения 6-35 кВ масляные выключатели уже так широко не используются. Если посмотреть спецификации, указанные в справочниках [1], можно убедиться, что все ячейки серии КСО после КСО-285 номинально не имеют возможности установки масляных выключателей. Так, например, у КСО-298 основные встраиваемые коммутационные элементы - это ВВ/TEL-10, ВВБЭС-10 со встроенным электромагнитным приводом.

Масляные выключатели с точки зрения надежности совсем не составляют конкуренцию элегазовым или вакуумным. Согласно техническим сведениям на оборудование, среднее время наработки на отказ (МТТФ) элегазовых выключателей, к примеру, выключателей серии LF производства Merlin Gerlin, составляет 2800 лет [2] или  $24,53 \cdot 10^6$  часов. В свою очередь, среднее время наработки до отказа вакуумных выключателей марки ВВ/TEL среднего класса напряжения на сегодняшний день составляет 4500 лет [3], что эквивалентно  $39,42 \cdot 10^6$  часов. По ГОСТ 687-78 (п. 3.8.3.) [4] Срок службы (масляного) выключателя до списания — не менее 25 лет. Установленная безотказная наработка выключателей устанавливается в стандартах на выключатели конкретных типов, и что самое главное, капитальный ремонт масляного выключателя должен проводиться один раз в 6 – 8 лет, а также при наработке выключателем 3000 циклов. Иными словами, каждые 6 – 8 лет масляный выключатель обновляют, следовательно, не может быть и речи о длительном (более 6 – 8 лет) времени безотказной эксплуатации. Если в более предпочтительном выборе выключателя между масляным или элегазовым и вакуумным все понятно, то вот выбор между непосредственно элегазовым или вакуумным уже не такой очевидный. У данных коммутационных аппаратов у каждого есть свои эксплуатационные особенности, однако разобрать их не является целью данной работы.

В спецификации на высоковольтное оборудование можно обнаружить такую величину, как среднее время наработки на отказ (Mean time to failure, МТТФ). Как, зная эту величину, можно оценить надежность электрооборудования? Как вычислить вероятность безотказной работы электрооборудования и каким образом она связана со средним временем наработки на отказ (МТТФ)?

Важнейшее понятие теории надежности – это понятие отказа. Отказ – это случайное событие, оцениваемое вероятностью безотказной работы  $P(t)$  и вероятностью отказа оборудования к моменту времени  $t$  –  $Q(t)$ . Данные параметры являются интервальной характеристикой отказоустойчивости. Для оценки нам необходима самая ценная с практической точки зрения величина, а

именно  $\lambda(t)$  – интенсивность потока отказов. Эта величина - плотность вероятности возникновения отказа оборудования в момент времени  $t$  при условии, что изделие работало безотказно до этого момента [5].

Предположим, что отказы подчиняются пуассоновской модели. Следовательно, их вероятностные характеристики основаны на экспоненциальном распределении вероятностей.

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t} \quad (1)$$

$$P(t) = 1 - Q(t) \quad (2)$$

Проведя операцию дифференцирования над  $Q(t)$ , мы получим выражение плотности вероятности для экспоненциального распределения:

$$p(t) = \frac{dQ(t)}{dt} \quad (3)$$

Откуда следует функция интенсивности отказов:

$$\lambda(t) = \frac{p(t)}{P(t)} = const = \lambda \quad (4)$$

Эта величина и есть главный показатель отказоустойчивости оборудования.

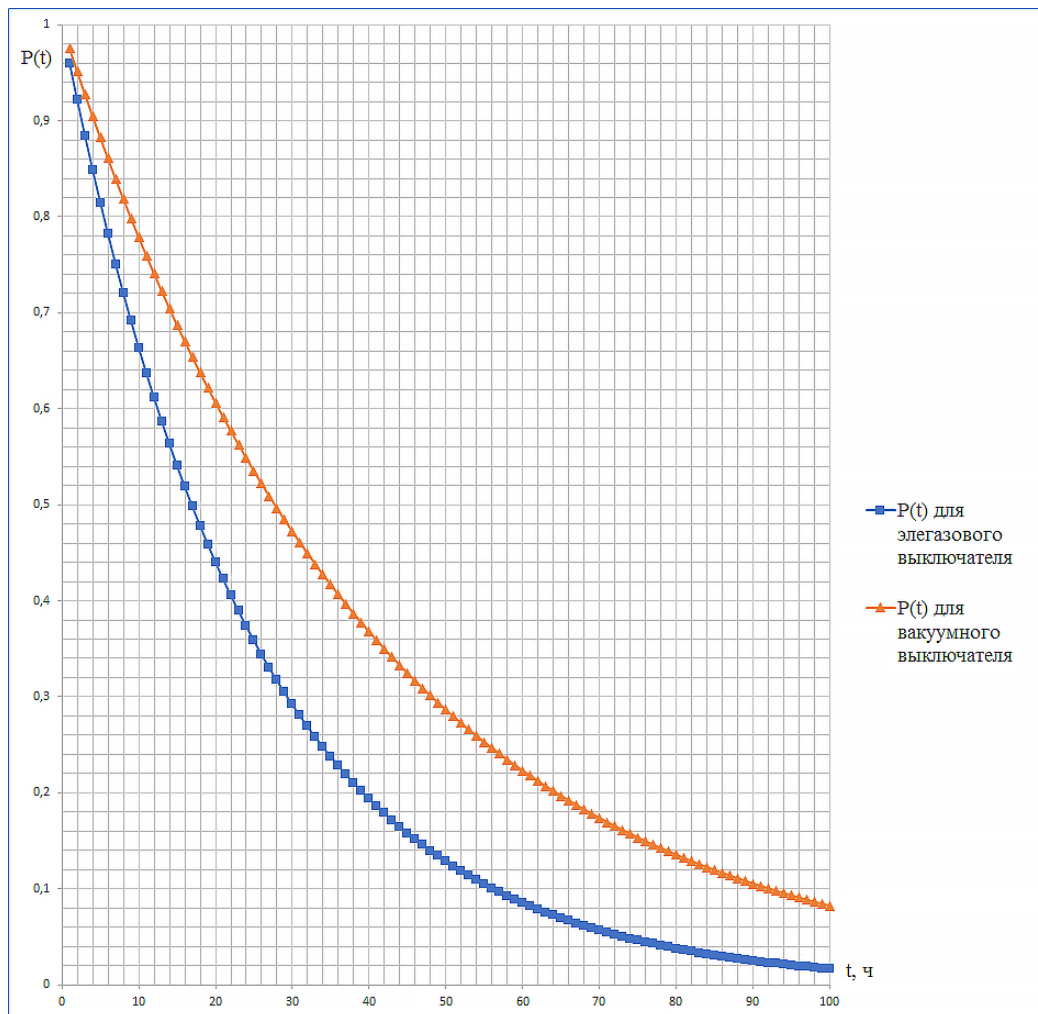


Рис. 1 - Характеристики вероятности безотказной работы  $P(t)$  двух коммутационных аппаратов



Определив среднее время до первого отказа (параметр из спецификации оборудования МТТФ), мы получим, что он равен  $MTTF = 1/\lambda$ . (5)

Теперь нам не составит труда сравнить между собой две модели выключателей, элегазовый и вакуумный, по надежности. Для начала необходимо привести по полученной выше формуле (5) показатель средней наработки на отказ к значению плотности потока отказа:

$$\lambda_{\text{элегазовый выключатель}} = \frac{1}{24,53 * 10^6} = 0,041 * 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{вакуумный выключатель}} = \frac{1}{39,42 * 10^6} = 0,025 * 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

Поскольку значение вероятности безотказной работы - это функция, зависящая от времени, построим её характеристику для обоих аппаратов.

Исходя из полученных характеристик, можно сделать вывод о том, что вакуумный выключатель имеет более высокую надежность, нежели элегазовый, следовательно, его применение может значительно повысить надежность такого сложного и многокомпонентного устройства, как ячейка комплектного распределительного устройства.

Так зная лишь одну величину (среднее время наработки на отказ МТТФ), полученную из спецификаций к устройству, специалист может, не прибегая к сложным статистическим вычислениям, оценить надежность самого оборудования и эффект, которое это оборудование способно оказать для повышения надежности системы, состоящей из множества элементов.

#### Список литературы

1. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 480 с. – (Высшее образование).
2. Техническое описание элегазовых выключателей серии LF 6, 10 кВ [Электронный ресурс] – URL: <https://www.elec.ru/viewer?url=files/127/000001343/attfile/01.pdf>
3. Техническое описание вакуумных выключателей серии ВВ/TEL 6-20 кВ [Электронный ресурс] – URL: <http://www.tavrida.com/ter/support/documents/1/>
4. ГОСТ 687-78 Выключатели переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Общие технические условия [Электронный источник] / <http://docs.cntd.ru/document/1200004993>
5. Задоя Н.И. Надежность электроснабжения: Учебное пособие для бакалавров направления «Электроэнергетика и электротехника» / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2014. – 47 с.
6. Дмитрий Кирьянов – Как вычисляется среднее время до отказа и вероятность безотказной работы? [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/company/nerepetitor/blog/254893/>

## ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИЙ 3Д В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Г.В. Плеханов

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

**Аннотация:** в статье рассматриваются перспективы 3 Д модели (декарбонизации), диджитализация, децентрализация) применительно к электроэнергетике в условиях Алтайского края. Определены основные перспективы региона в данной области.

**Ключевые слова:** декарбонизации, диджитализация, децентрализация.

## PROSPECTS OF 3D TECHNOLOGIES IN THE ALTAI TERRITORY

G.V. Plekhanov

*Rubtsovsky industrial Institute (branch)*

*Altai state technical University named after I. I. Polzunov*

**Abstract:** the article discusses the prospects of the 3-D model (decarbonization, digitalization, decentralization) in relation to the electric power industry in the Altai territory. The main prospects of the region in this area are defined.

**Keywords:** decarbonization, digitalization, decentralization.

В настоящее время ученые выделяют около десяти глобальных проблем человечества, такие как:

- экологическая проблема;
- энергетическая проблема;
- сырьевая проблема;
- продовольственная проблема;
- проблема мира;
- проблема разоружения;
- проблема здоровья людей;
- проблема Мирового океана;
- проблема освоения космоса;
- демографическая проблема.

Если рассматривать данные проблемы применительно к Алтайскому краю, то они все являются актуальными, причем наиболее остро стоят: энергетическая, сырьевая и демографическая проблемы. В 2020 году также на первый план вышла проблема здоровья людей. Несмотря на достигнутые успехи в развитии техники и технологии, данные проблемы до сих пор остаются нерешенными. В данной статье рассмотрим возможности перехода энергетики к модели 3 Д, включающей декарбонизацию, диджитализацию, децентрализацию, и перспективы решения рассматриваемых проблем.

Изначально термином декарбонизация обозначался процесс диссоциации карбоната кальция. Но после вступления в 2016 году Парижского соглашения по климату [1] под термином декарбонизация подразумевает отказ в технологических цепочках от сжигания топлива, в состав которого входит углерод. В условиях Алтайского края наиболее распространенные виды

топлива, после сжигания которых образуется большое количество выбросов, в состав которых входит углекислый газ (CO<sub>2</sub>) - это уголь, мазут, реже кокс (ТЭЦ, ТС, котельные, отопление частных домов), бензин и дизельное топливо (транспорт), сжиженный газ (бытовые нужды квартир и частного сектора). Целью декарбонизации будет являться замена систем, основанных на перечисленных видах топлива, на электроэнергию, которую планируется вырабатывать с помощью экологически чистых АИЭ. Основные перспективы для Алтайского края в ближайшее время будут представлены возможностями создания новых электростанций по выработке электроэнергии.

Диджитализация подразумевает перевод информации в цифровую форму, применительно к электроэнергетике наиболее актуально будет реализовать данные технологии в концепции «Умный дом». Данные разработки позволят сократить потери электрической и тепловой энергии.

Децентрализация подразумевает возможность электроснабжения от источника, не связанного с энергетической системой. Также большие перспективы этого направления связываются с распределенной генерацией, когда домохозяйства получают возможность стать участниками рынка. Реализация данного подхода в условиях Алтайского края позволит сгладить пики нагрузки в суточные и иногда сезонные максимумы.

#### Литература

1. Парижское соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата, регулирующие меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 года. // [https://ru.wikipedia.org/wiki\\_Парижское\\_соглашение\\_\(2015\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижское_соглашение_(2015)).

#### УДК 651.34

### **«ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» И «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Н.И. Черкасова, С.А. Гончаров, А.Н. Татарникова

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Рассмотрена система оценки риска на основе методов «дерево отказов» и «дерево событий». Дано описание дедуктивного метода определения условий и факторов, приводящих к нежелательному событию и индуктивного метода определения последствий отправного события

**Ключевые слова:** аварийная ситуация, отказы, управление рисками, «дерево отказов» и «дерево событий»

### **"FAILURE TREE" AND "EVENT TREE" FOR RISK ASSESSMENT OF DISTRIBUTION ELECTRIC NETWORKS**

N.I. Cherkasov, S.A. Goncharov, A.N. Tatarnikova

*Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of FGBOU VO Altai State Technical University named after I.I.Polzunov "*

**Abstract.** The system of risk assessment based on the methods "tree of failures" and "tree of events" is considered. A description of the deductive method for determining the conditions and factors leading to an undesirable event and the inductive method for determining the consequences of the starting event is given.

**Key words:** emergency, failures, risk management, "fault tree" and "event tree"

Принято считать, что сельские распределительные сети менее важны и значимы по сравнению с магистральными, системообразующими и питающими сетями энергосистемы, отказы и небольшие аварии не могут нанести большого вреда либо значительного материального ущерба. Однако линии электропередач низкого напряжения весьма разветвлены и многочисленны, а количество комплектных трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ (КТП 10/0,4) по стране насчитывает около полмиллиона. Так, крупнейшая электросетевая компания России ОАО «Россети» имеет в своем составе около 450 тысяч КТП 10/0,4 кВ и около 2 млн. км воздушных линий 35, 10 и 0,4 кВ. Некрупные, но частые аварии на подстанциях 35/10 кВ, большое число аварийных и плановых отключений линий 10 и 0,4 кВ приносят урон сельским товаропроизводителям, ухудшают качество жизни населения и вносят определенную социальную напряженность в регионы [1, 2].

В апреле прошлого года на заседании Научного совета РАН по проблемам надежности и безопасности больших систем энергетики обсуждалось Положение о единой технической политике, цель разработки которого – определение основных технических направлений развития, призванных обеспечить повышение надежности и эффективности функционирования распределительного сетевого комплекса, а также его экологической безопасности. Первой из основных задач Положения по надежности была названа задача создания системы управления рисками [3]. Своевременность принятия этого положения подтверждает, как всегда, практика.

Незначительные на первый взгляд отказы в сетях 10 кВ могут привести к крупным системным авариям. Такой случай произошёл летом 2010 г. на подстанции 500 кВ «Арзамасская». При вводе в работу после текущего ремонта трансформатора АТ-2 и включении нагрузки потребителя в КРУН 10 кВ произошло трехфазное короткое замыкание (КЗ), а, так как по ошибке персонала не все защиты трансформатора были введены в работу (после ремонта), а также из-за некоторых недостатков конструкции и старения оборудования выключатель 10 кВ не отключился, авария (дуга) перекинулась на соседние ячейки, трансформатор не отключился со стороны 220 кВ, и начался пожар вводов 10 кВ АТ-2. В результате подстанция была полностью погашена, отключились все транзитные линии 500, 220, 110 кВ, и 5 соседних подстанций. В тушении пожара трансформатора 500 кВ приняли участие 5 пожарных расчетов, которым удалось погасить огонь лишь через 4 часа.

Практика показывает, что крупные аварии, как правило, характеризуются комбинацией случайных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях возникновения и развития аварии (отказы оборудования, ошибки человека, нерасчетные внешние воздействия, разрушение, выброс,

пролив вещества, воспламенение, взрыв и т.д.) Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы анализа «деревьев событий – исходов» и «деревьев отказов».

**Анализ «дерева отказов» («Fault Tree Analysis» - FTA)** - это дедуктивный метод определения условий и факторов, способных привести к определенному нежелательному событию (так называемому головному событию). «Дерево отказов» - логически организованная графическая конструкция, в которой демонстрируется взаимодействие элементов системы, отказ которых по отдельности или в сочетании может способствовать появлению нежелательного события - отказа системы в целом - головного события «дерева отказов» [4].

Пример «дерева отказа», используемого для анализа причин возникновения аварийных ситуаций, например пожара КТП 10/0,4 кВ при эксплуатации распределительных сетей, приведен на рис. 1. Структура «дерева отказа» включает одно головное событие (аварию, инцидент), которое соединяется с набором соответствующих нижестоящих событий (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий), образующих причинные цепи (сценарии аварий). Для связи между событиями в узлах «деревьев» используются знаки «И» и «ИЛИ». Логический знак «И» означает, что вышестоящее событие возникает при одновременном наступлении нижестоящих событий (соответствует перемножению их вероятностей для оценки вероятности вышестоящего события). Знак «ИЛИ» означает, что вышестоящее событие может произойти вследствие возникновения одного из нижестоящих событий.

В отечественной литературе встречаются и иные наименования этого «дерева»: «дерево отказов», «дерево неполадок», «дерево происшествий» и т.п.

Так, «дерево», представленное на рис. 1, имеет промежуточные события (прямоугольники), тогда как в нижней части «дерева» кругами с цифрами показаны постулируемые исходные события-предпосылки, наименование и нумерация которых приведены в табл.1.

Анализ «дерева отказа» позволяет выделить ветви прохождения сигнала к головному событию (в нашем случае на рис.1 их три), а также указать связанные с ними минимальные пропускные сочетания, минимальные отсечные сочетания.

Минимальные пропускные сочетания - это набор исходных событий-предпосылок (на рис. 1 отмечены цифрами), обязательное (одновременное) возникновение которых достаточно для появления головного события (аварии). Для «дерева», отображенного на рис. 1, такими событиями и (или) сочетаниями являются: {1}, {2}, {3}, {4•6}, {4•7}, {4•8}, {5•6}, {5•7}, {5•8}, {9•10}, {9•11}. Пропускные сочетания используются главным образом для выявления «слабых» мест.

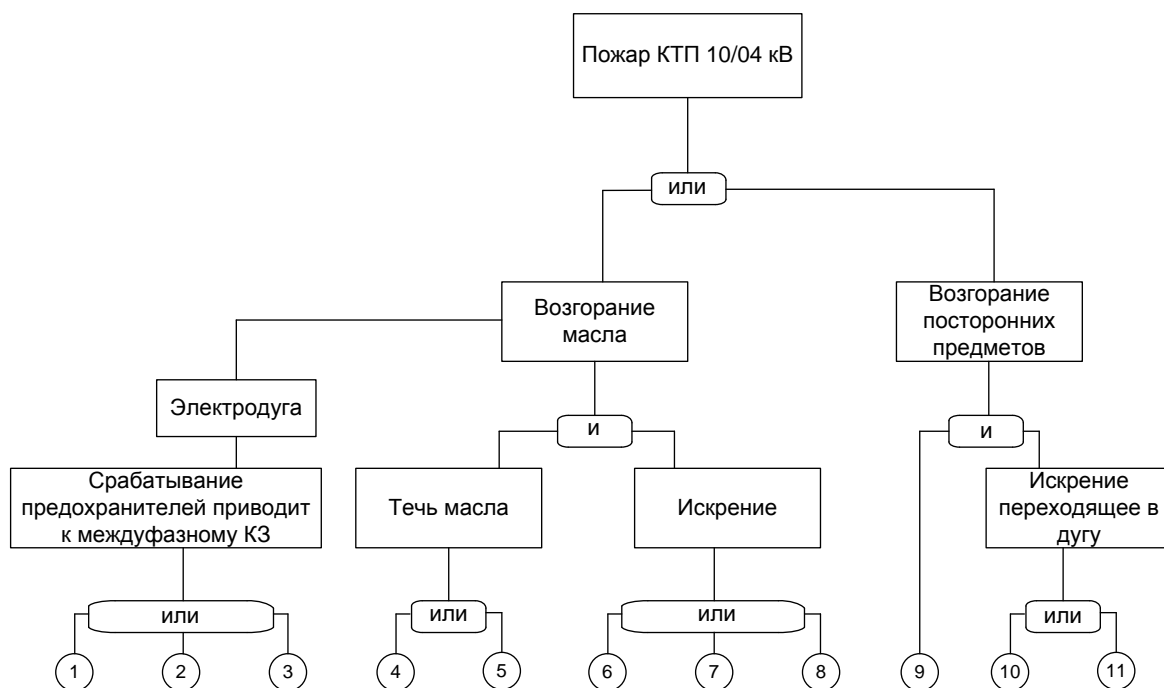


Рис. 1 - «Дерево отказа», пожар КТП10/0,4 кВ

Таблица 1 - Исходные события «дерева отказа» (согласно рис. 1)

№ п/п	Событие или состояние модели	Вероятность события $P_i$
1	Использование открытых плавких вставок вместо стандартных предохранителей	0,1
2	Применение нерасчетных предохранителей 10 кВ	0,08
3	Расслабление ламелей держателей высоковольтных предохранителей	0,04
4	Старение резиновых уплотнителей под крышкой бака трансформатора	0,02
5	Старение уплотнителей на проходных изоляторах трансформатора 10/0,4 кВ	0,03
6	Искрение в ослабленных врубных контактах вводного рубильника низковольтного шкафа	0,08
7	Ослабление контактов шинок низковольтного шкафа	0,05
8	Ослабление контактов проводников отходящих фидеров низковольтного шкафа	0,08
9	Наличие посторонних предметов: ветоши, гнезда птиц	0,01
10	Ослабление контактов в соединении токоведущих шин высоковольтного шкафа	0,04
11	Ослабление контактов в соединении шлейфов от питающей ВЛ 10 кВ к проходным изоляторам	0,01

Минимальные отсечные сочетания - набор исходных событий, который гарантирует отсутствие головного события при условии невозникновения ни одного из составляющих этот набор событий:  $\{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 9 \cdot 10 \cdot 11\}$ ,  $\{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 10 \cdot 11\}$ ,  $\{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 10 \cdot 11 \cdot 1\}$ . Минимальные отсечные

сочетания используются главным образом для определения наиболее эффективных мер предупреждения аварии.

**Анализ «дерева событий» («Event Tree Analysis» - ЕТА)** - индуктивный метод определения возможных следствий и, если это требуется по условиям анализа риска, вероятностей (среднегодовых частот) реализации некоторого отправного события [5, 6]. ЕТА широко используется для анализа последствий нежелательных событий для сложных технических систем в электронике, ядерной технике, химико-технологических установках, оснащенных системами обеспечения безопасности.



Рис. 2 - «Дерево событий» аварии на КТП 10/0,4 кВ

Анализ «дерева событий» находит применение при исследованиях возможных путей развития аварийных процессов и распространения их за пределы ЭУ.

Пример «дерева событий» для количественного анализа различных сценариев аварий на подстанции, в том числе большой системной аварии на подстанции 500 кВ, которая произошла из-за КЗ на КТП 10/0,4 кВ и была упомянута выше, представлен на рис. 2. Цифры рядом с наименованием события показывают условную вероятность возникновения этого события. При этом вероятность возникновения инициирующего события (3-фазное КЗ в КТП 10/0,4 кВ) принята равной 1. Значение частоты возникновения отдельного события или сценария пересчитывается путем умножения частоты возникновения инициирующего события на условную вероятность развития аварии по конкретному сценарию.

## **Выводы:**

Вследствие недостатка статистических данных на практике рекомендуется использовать экспертные оценки и методы ранжирования риска, основанные на упрощенных методах количественного анализа риска. Использование диаграмм причинно-следственных связей типа «дерево событий» необходимо с целью априорной оценки параметров техногенных происшествий и выработки оптимальных мероприятий по их предупреждению или снижению возможного ущерба.

## **Список литературы**

1. Никольский О.К. Оценка риска сельских электрических сетей/ О.К. Никольский, Н.И. Черкасова //Техника в сельском хозяйстве. – Москва, 2013. № 6. – С. 21–23.
2. Черкасова Н.И. Анализ состояния сельских электрических сетей 10 кВ в свете мониторинга отказов/ Н.И. Черкасова // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2013. - № 4. – С. 49–55.
3. Положение о единой технической политике ОАО «Холдинг МРСК» в распределительном сетевом комплексе (редакционная статья)//Энергетик, 2011, № 8
4. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений СТП ВНИИГ 210.02. НТ – 04 – Санкт-Петербург, 2005.
5. [ГОСТ Р 27.310-93](#). Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. М.: Издательство стандартов. 1993.
6. Стандарт МЭК. Техника анализа надежности систем. Метод анализа вида и последствий отказов. Публикация 812 (1985 г.).

## **УДК 621.313.1**

### **О ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЗВУКА В ЭЛЕКТРИЧЕСТВО**

А.Б. Чернобай, А.А. Зверева, В.А. Бондарев, А.Е. Ткаченко, Г.В. Плеханов  
*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация:** Представьте себе смартфоны, способные заряжаться во время разговоров, или звукоизолирующие стены вдоль автобанов, которые производят электричество из звуков, издаваемых транспортом. Новая работа, с которой мы ознакомимся в данной статье, в сфере исследования нанотехнологий, проведенная командой в Корее, доказала возможность использования звука в качестве источника энергии для наногенераторов, основанных на пьезоэлектрических нанопроводах.

**Ключевые слова:** энергия, пьезоэлектрических, звук, волна, наногенератор, цинк.

### **ABOUT CONVERTING SOUND TO ELECTRICITY**

A. B. Chernobay, A. A. Zvereva, V. A. Bondarev, A. E. Tkachenko, V. G. Plekhanov  
Rubtsovsky industrial Institute (branch) Altai state technical University named after I. I. Polzunov»



Imagine mobile phones that can charge during conversations, or sound-proofing walls along autobahns that generate electricity from the sounds made by transport. The new work, which we will review in this article, in the field of nanotechnology research, conducted by the team in Korea, proved the possibility of using sound as an energy source for nanogenerators based on piezoelectric nanowires.

Keywords: energy, piezoelectric, sound, wave, nanogenerator, zinc.

Проблема ограниченности ресурсов приводит умы человечества все к новым и новым идеям. Альтернативных источников энергии не так много, но ученые продолжают развивать и продвигать тему экологичной эксплуатации ресурсов планеты. Уровень развития современной науки позволяет проводить множество исследований в данной сфере [3].

Очередным открытием стала объективная возможность преобразовать звук в электрическую энергию.

Было сделано много попыток создать самозарядные системы, получающие энергию из окружающей среды с помощью фотоэлектрических, термоэлектрических и пьезоэлектрических явлений. Среди них самое последнее исследование касалось превращения внешнего механического воздействия – например, движение тела (человека или животного), потоки газов, сердцебиение, течение крови, ультразвуковые волны – в электричество. Его результатом стали пьезоэлектрические механические самозарядные системы. Целью такого пьезоэлектрического генерирования энергии является поглощение энергии, выделяемой окружающей средой, и конвертирование ее в полезную энергию для действующих электрических приборов.

Новый проект в сфере исследования нанотехнологий, созданный командой в Корее, доказал возможность использования любых проявлений звука в роли источника энергии для наногенераторов, основанных на пьезоэлектрических нанопроводах.

"Нас ежедневно окружает звук – речь, шум или музыка, - говорят Др. Йонг Мин Ким, директор Пограничной исследовательской лаборатории, Передовой институт технологии Samsung (SAIT) и Санг-Бу Ким, профессор Школы изучения и разработки передовых материалов Университета Sungkyunkwan. - Но звук – это механическая энергия, а значит, потенциально он может быть использован как источник создания пьезоэлектрической энергии. Таким образом, энергия звуков речи, музыки или шума может быть превращена в электрическую энергию. Это побудило нас произвести энергию с помощью звукоуправляемых наногенераторов, основанных на пьезоэлектрических проводах из окиси цинка".

Эта команда уже известна своей работой над использованием крупномасштабных графеновых листов в качестве прозрачных электродов для полностью прозрачных и гибких наногенераторов. В этой же работе Йонг Мин Ким и его коллеги впервые добились получения энергии из звукоуправляемых наногенераторов, основанных на пьезоэлектрических наноматериалах.

"Звук – постоянная механическая вибрация, которая перемещается сквозь материю в виде волн, - поясняет Ким. - Продольные звуковые волны – сжатые

волны, – передаваемые сквозь воздух, созданы из волн, которые вызваны переменными отклонениями от постоянного давления. В результате появляются участки сжатия и разрежения. В нашей работе мы использовали входящий звук мощностью примерно 100 дБ (обычный разговор – это около 60-70 дБ). По сравнению с другими источниками механической энергии, как, например, сердцебиение или кровообращение, очень сложно использовать звуковую механическую энергию для получения электрической энергии с помощью обычного накопителя энергии на основе ЦТС или пьезоэлектрического тонкопленочного накопителя" [1].

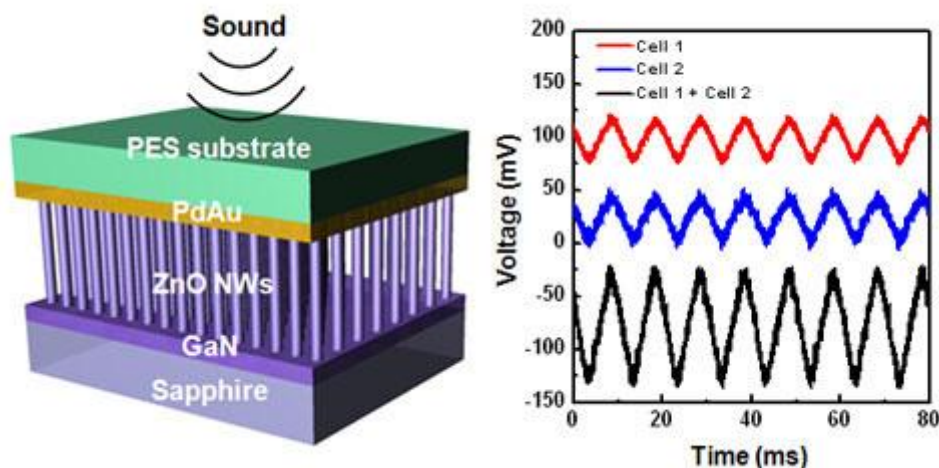


Рис. 1 - Схема пьезоэлектрического наногенератора (основан на пьезоэлектрических нанопроводах), который преобразовывает механическую энергию звуковых волн в электрическую

Чтобы справиться с этим осложнением, команда работала с нанопроводами из окиси цинка, пьезоэлектрическим наноматериалом, способствующим значительно более чувствительной реакции на звуковую энергию. Звуковую волну использовали, чтобы вызвать вибрацию верхнего контактного электрода, который генерировал электрический потенциал в расположенных вертикально проводах из окиси цинка. Когда в наногенератор был направлен звук интенсивностью около 100 дБ, на выходе было получено переменное напряжение около 50 мегавольт [4].

На первом этапе этой работы исследовательская команда столкнулась с вопросом, как напрямую и эффективно передавать звуковую энергию на нанопровода, чтобы вызывать сжатие и ослабление нанопроводов. Решением стало устройство, в котором звуковая волна воздействует на гибкое пластиковое основание, покрытое палладием/золотом и которое исполняет роль верхнего электрода, таким образом вызывая образование контакта Шотки в ZnO нанопроводах [1].

Кроме того, гибкий электрод, покрытый палладием/золотом, действует как вибрирующая пластина в ответ на звук, поэтому механические вибрации от этого электрода, вызванные звуковой волной, напрямую передаются вертикальным нанопроводам [2].

Впрочем, искажения у основания пластиковой поверхности различаются. В связи с этим результат может существенно изменяться в зависимости от воздействия на контактные возможности нанопроводов из оксида цинка. Кроме того, 50 МВ, полученные данным способом, - это не очень много энергии. Множество учёных пытаются спроектировать более высокоэффективные звукоуправляемые наногенераторы, заместить ZnO нанопровода на новейший пьезоэлектрический наноматериал, у которого более высокий пьезоэлектрический коэффициент.

Звукоуправляемые генераторы энергии используются в различных отраслях. Звуковая энергия могла бы применяться в сотовых телефонах, заряжающихся непосредственно в то время, когда вы разговариваете, или в звукопоглощающих барьерах вдоль автотрасс, производящих энергию из шума проезжающих мимо транспортных средств.

В будущем можно извлечь еще одно немаловажное преимущество – это уменьшить уровень шума, исходящего от транспортных средств, возле трасс при помощи поглощения энергии звука.

На сегодняшний день наиболее приоритетной задачей для группы учёных является увеличение объема получаемой с помощью нового устройства энергии.

Безусловно, результата, который сейчас имеется, хватает в большей степени для использования во всевозможных электронных приборах с минимальным потреблением энергии – электронная бумага, самозарядные датчики, мини-устройства, имплантируемые в тело человека. Но если бы кто-то смог увеличить выходную энергию в наногенераторах, это значительно повлияет на развитие так называемой "зеленой энергии". Благодаря этому исследователи совершают попытки создать наноматериалы с более значительными пьезоэлектрическими свойствами, превосходящими ограничения окиси цинка, что, в итоге, приведет к изобретению усовершенствованного наногенератора с более внушительной производительностью.

#### Список литературы

1. Болучевская О.А. Вопросы современной экологической безопасности /О.А.Болучевская, В.Н.Филипова // Современные исследования социальных проблем. 2011.Т. 5. № 1. С. 147-148.

2. Олейник Д.Ю. Вопросы современной альтернативной энергетики / Д.Ю.Олейник, К.В.Кайдакова, А.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 46-48.

3. Федотова С.А. Мировая экономика: основные этапы формирования и современные тенденции развития / С.А.Федотова // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2011. № 8. С. 133-136.

4. Научный журнал [Электронный ресурс] // URL:  
<https://vivot.ru/downloads/vestnik/vestnik11.pdf#6>

**СЕКЦИЯ 6. ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**  
**Председатель секции: кандидат технических наук, доцент кафедры**  
**«Наземные транспортные системы» Чернецкая Наталья Анатольевна**

**УДК 630.181.351**

**О ПРОБЛЕМАХ СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ**

О.В. Асканова, Н.А. Чернецкая, О.В. Чичерина

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Ухудшение состояния лесов и сокращение лесных площадей угрожает экологическому благополучию всей нашей планеты. Экологические функции леса ослабевают. Лес должен быть защищен новыми экономическими и политическими решениями, которые гарантировали бы сохранение и преувеличение лесов во благо всего населения планеты.

**Ключевые слова:** экология, лес, законодательство, лесовосстановление, экологическая устойчивость

**PROBLEMS OF CONSERVATION OF RUSSIAN FOREST  
RESOURCES**

O.V. Askanova, N.A. Chernetskaya, O.V. Chicherina

*Rubtsovsk industrial Institute (branch)*

*Federal state budget educational institution of higher education  
«The Altai state technical University named after I.I. Polzunov»*

**Abstract.** The deterioration of forests and the reduction of forest areas threaten the ecological well-being of our entire planet. The ecological functions of the forest are weakening. The forest must be protected by new economic and political solutions that guarantee the conservation and exaggeration of forests for the benefit of the entire world's population.

**Keywords:** ecology, forest, legislation, reforestation, environmental sustainability

**Введение.** Экологическое благополучие всей нашей планеты находится под угрозой. Причина - ухудшение состояния лесов и сокращение лесных площадей. Экологические функции леса: поглощение углерода, обеспечение нормального функционирования среды обитания животного мира, а также водоохранные и другие, ослабевают. Неспособность или нежелание людей заботиться о сохранности леса, несомненно, может пагубно сказаться на существовании жизни на Земле. В свою очередь, состояние окружающей среды, человечества и экономики в целом взаимосвязаны и влияют друг на друга, невзирая на национальные границы.

**Актуальность темы.** 22 июля 2020 года на брифинге в Женеве старший специалист по лесному хозяйству ООН Ансси Пеккаринен, представляя доклад о лесных ресурсах на планете, привел неутешительные данные: за последние 30 лет площадь лесов сократилась на 178 млн. га. В настоящий момент общемировая площадь лесов, по самым оптимистическим данным, составляет 4,06 млрд. га (около 31% земной суши), причем особенно острой эксперты считают ситуацию в Африке, за которой следует Южная Америка. По средним подсчетам в мире за последние пять лет ежегодно исчезало по 10 млн. га лесов,

что несколько меньше, чем в предшествующий пятилетний период (12 млн. в год), а также в течение 2005-2010 годов (16 млн.). Среди стран, где леса за последние 10 лет стало меньше, эксперты назвали Бразилию, Демократическую Республику Конго и Индонезию [1].

**Постановка проблем.** В биосфере Земли в течение ближайшего времени могут произойти серьезные изменения как результат деятельности людей. Это, в свою очередь, может привести к глобальной экологической катастрофе, если не предпринимать никаких мер. В частности, катастрофическое сокращение лесов угрожает видовому разнообразию растений и животных во всем мире. Эксперты Международного Союза по Охране Природы и природных ресурсов подсчитали, что приблизительно 12,5 % разновидностей растений и 75 % всех млекопитающих нашей планеты грозит исчезновение в результате необдуманного истребления лесов [2].

Лесные ресурсы России также находятся под угрозой обеднения и исчезновения. Существует большое количество факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на состояние российского леса. Их источниками являются процессы, связанные с изменением климата на планете, а также хозяйственная деятельность человека. Антропогенные факторы обусловлены международной и внутригосударственной законодательной базой. Лесное законодательство большинства стран, а также России развито слабо. Контроль за его соблюдением практически отсутствует.

Процессы лесовыращивания и лесовосстановления связаны с длительностью периода. Инвестиции в данную отрасль народного хозяйства страны имеют большой срок окупаемости. Лесные компании, в том числе транснациональные, осуществляют варварские рубки, не заботясь об охране окружающей среды. Это обстоятельство осложняет экологическую обстановку.

Российская Федерация является одной из наиболее богатых природными ресурсами стран, а также имеет самый большой потенциал лесных ресурсов в мире. Тем не менее данные, показывающие быстрые темпы сокращения территорий леса, уменьшения количества ненарушенных лесов России, а соответственно и уменьшения биоразнообразия, не могут не вызывать опасений. Причин для такого положения дел много: несовершенство нормативно-правовой базы, регулирующей использование и воспроизводство лесов, нелегальная вырубка леса, низкая актуальность сведений о лесных ресурсах, ухудшение положения с кадрами в лесохозяйственной отрасли, отсутствие стимулов развития глубокой переработки древесины, а также недостаточно эффективные способы лесовосстановления, охраны и защиты лесов. Рассмотрим каждую из перечисленных проблем подробнее.

#### **Экономические и финансовые проблемы в лесном хозяйстве России.**

**Несовершенство принятого в декабре 2006 года и действующего ныне Лесного кодекса Российской Федерации** - одна из причин. Наблюдается дисбаланс в отношениях между основными его субъектами. В первой статье данного правового акта провозглашается требование организации устойчивого управления и пользования лесами [6]. Однако всё последующее содержание

Лесного кодекса РФ противоречит этим требованиям. Устойчивое управление и пользование лесами означает их полноценное воспроизводство и увеличение их потенциала для сохранения и последующего использования. Отсутствие финансового мониторинга воспроизводства лесов на арендованных землях лесного фонда.

Ликвидация в 2000 году Федеральной службы лесного хозяйства, передача в 2005 году полномочий по управлению федеральными лесами субъектам РФ без должного финансового обеспечения, возложение на арендаторов, как главных лесопользователей, обязанностей ведения лесного хозяйства за их счет, самоустранение государства от стоимостной оценки по рыночным ценам лесных ресурсов, отводимых арендаторам в рубку, а также ликвидация существовавшей ранее лесной охраны **серьезно усугубили положение лесного хозяйства** [4].

**Недостаточное финансирование** ведения лесного хозяйства бюджетными и автономными учреждениями. Эти учреждения, восстановившие в своем названии слово «лесхоз», не достигли в своей организации той экономической организации лесного хозяйства, что была у лесхозов советского и постсоветского времени до их ликвидации Лесным кодексом 2006 года [7].

**Всплеск лесонарушений, широкомасштабные лесные пожары** явились результатом ликвидации лесной охраны. Средства борьбы и ущерб от них в стоимостном выражении превосходят ту, так называемую экономию, которую стремились получить составители Лесного кодекса РФ за счет трехкратного сокращения работников лесного хозяйства [4].

**Отсутствие мероприятий по лесовосстановлению.** Эффективное лесовосстановление в нашей стране не проводилось с 20-х—30-х годов прошлого века. В целом высадка деревьев проводится, а потом за молодыми деревьями не ухаживают, и они гибнут. Этот угрожающий экологии фактор порождает недостаток ресурсов, что заставляет лесную промышленность двигаться в неосвоенные и нетронутые человеком леса. В результате мелких незаконных рубок в стране заготавливается древесина, не соответствующая требованиям, и не в тех объемах, которые разрешены. По оценкам экспертов Всемирного Фонда Дикой Природы (WWF), от 10 до 20% древесины заготавливается таким способом. За счет так называемых санитарных рубок недобросовестные лесозаготовители вместо больных деревьев вырубает, наоборот, здоровые. В результате этого происходит смена хозяйственно ценных пород менее ценными [3]. Об этом 21 марта 2019 года ТАСС накануне Международного дня лесов сообщил директор лесной программы Всемирного Фонда Дикой Природы (WWF) Николай Шматков. Эти проблемы характерны для всей страны в целом, но особенно остро стоят в Хабаровском и Красноярском краях, Приморье и Иркутской области.

**Все увеличивающиеся из года в год площади лесных пожаров** наносят существенный урон лесу. Если в 2010 году площадь лесов, пройденная пожарами, составляла около 2 млн. га, то в 2019 году эта цифра выросла почти в 4,5 раза и составила 8,7 млн. га. Наиболее актуальна проблема лесных

пожаров в Амурской области, Забайкальском, Хабаровском и Приморском краях [5].

**Отсутствие абсолютно достоверной информации об объемах вырубке лесов** наблюдается в связи с использованием так называемых «серых схем» аренды лесных площадей. Стремление к быстрому достижению результатов в лесной промышленности не учитывает перспективы использования эксплуатируемых лесных участков в будущем. Для естественного лесовозобновления необходимо сохранять жизнеспособный подрост и молодняк ценных пород деревьев, что не выполняется при вырубке леса. Часто практикуется сплошная рубка, которая затрагивает водоохранные зоны. На местах рубки в рамках обязательства по восстановлению лесов высаживают новые деревья, но последующего ухода за ними лесопользователи не производят.

**Отсутствует механизм эффективного контроля и надзора за арендаторами лесных участков на уровне государства.** Причина - недостаток квалифицированных кадров. Лесопромышленники, ведущие ответственное лесное хозяйство, не получают поощрения и льготы. У них нет заинтересованности в интенсификации своего производства и в надлежащем уходе за уже освоенными лесными территориями. Все направленно лишь на краткосрочные и быстро достижимые результаты.

**Экспорт российской лесной продукции с низкой добавленной стоимостью - еще одна причина** неудовлетворительного состояния лесного хозяйства. Наша страна является мировым лидером по запасам древесины, но в мировой торговле лесоматериалами на ее долю приходится не более 3%. Круглый лес, пиломатериалы и целлюлоза составляют основу российского экспорта лесопродукции. Конечную продукцию переработки леса экономически выгоднее поставлять на внешний рынок. Для этого нужны предприятия по глубокой переработке древесного сырья.

#### **Пути решения проблем.**

В результате вышеперечисленных реформ лесные ресурсы, как объект управления, лишились соответствующего к себе внимания.

Для обеспечения устойчивого управления и пользования лесами нужно безусловное **гарантированное адекватное финансирование лесного хозяйства.** Финансирование должно покрывать необходимые затраты на соответствующие региональные системы лесохозяйственных мероприятий, включая меры по возобновлению леса, уходу за формирующимся молодняком, охране лесов от лесоразрушений, пожаров, вредителей и иные меры, способствующие экологической устойчивости формируемых лесов и сохранению биологического разнообразия.

**Главным источником финансирования этих затрат должен быть лесной доход,** который должен складываться из рыночной цены древесины на корню и на другие рыночные ресурсы леса. Главной мотивацией организации пользования лесами должна быть ориентация на повышение доходности лесов. При этом распределение консолидированного лесного дохода по финансовым

потокам должно обеспечивать баланс экономических интересов всех основных субъектов лесных отношений, без чего не может быть обеспечена реализация требования устойчивого лесопользования. Однако на практике ни одно из перечисленных требований не выполняется.

Государство должно принимать обязательное участие при планировании работ по воспроизводству, охране и защите лесов за счет полученного арендаторами лесных участков лесного дохода. Приемка и оплата результатов выполненных работ по договорным ценам также должны проходить при участии государства.

**Введение электронной системы ЛесЕГАИС**, которая отслеживает сделки с древесиной, помогает бороться с мелкими незаконными рубками в стране.

**Национальные проекты «Экология» и федеральный проект «Сохранение лесов» к 2024 году призваны обеспечить 100%-й баланс выбытия и воспроизводства лесов.** По данным Рослесхоза, в 2019 году уже приступили к лесовосстановительным работам Дагестан, Крым, Ставропольский край, Астраханская область [3]. Однако в настоящий момент, по данным официальной статистики, не воспроизводятся на 100% даже лесные площади, уничтоженные пожарами, не говоря о вырубленных лесах: так, в 2019 году мероприятия по лесовосстановлению были проведены на площади 1,1 млн. га [5], по сравнению с 8,7 млн. га, уничтоженными пожарами, это ничтожно мало.

У государства и у лесопромышленников должно сложиться отношение к лесу как к долгосрочному проекту.

Создание во многих крупных и богатых лесом регионах России предприятий по глубокой переработке древесного сырья может обеспечить увеличение доходности лесного хозяйства в несколько раз. Задача государства - стимулирование глубокой переработки леса. Это даст возможность сохранить лесные ресурсы для последующих поколений и увеличить экономическую отдачу от использования каждого кубометра леса за счет добавленной стоимости продукции. Своего рода «стимулом» к развитию в России технологий глубокой переработки древесины должно было стать повышение вывозных таможенных пошлин на необработанные лесоматериалы [8]. Впрочем, эта мера скорее носит негативный характер в связи с отсутствием средств на создание собственных комплексов переработки древесины.

Как и любая глобальная задача, реорганизация лесного хозяйства России требует комплексного подхода. Необходимо изменить подход к управлению лесами для изменения отношения к лесным ресурсам в нашей стране. По словам академика РАН Моисеева Н.А., «в управлении лесным хозяйством до сих пор **не организован переход к устойчивому развитию** с учетом требований рыночной экономики» [9]. Гибкие рыночные механизмы в лесном хозяйстве смогут позволить организовать непрерывное неистощительное лесопользование на условиях платности и доходности лесных ресурсов. Лесное хозяйство необходимо рассматривать не как отдельную обособленную отрасль народного хозяйства страны, а как субъект лесного сектора экономики и



незаменимого участника технологической цепочки производства продукции конечного потребления из биомассы древесины. Практическая реализация такой задачи возможна на принципах государственно-частного партнерства [10]. То есть необходимо обеспечить рациональное распределение лесных земель между различными видами лесопользователей с **условием их охраны и возобновления на базе научно обоснованного лесоводства.**

В распоряжении Правительства РФ от 26.09.2013 N 1724-р «Об утверждении Основ государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года» предложен ряд **мер по совершенствованию экономических отношений в лесном секторе экономики**, среди них следующие:

- введение норм по обеспечению долгосрочных контрактов на выполнение работ, связанных с охраной, защитой и воспроизводством лесов;
- развитие системы стратегического и текущего планирования в лесном секторе экономики, охватывающей федеральный, региональный и муниципальный уровни на основе применения программно-целевого метода, а также достаточной и достоверной информации;
- совершенствование системы платежей за пользование лесами;
- разработка и внедрение финансово-экономических механизмов стимулирования лесовосстановления и лесоразведения, обеспечивающих непрерывность лесов и увеличение лесных территорий в многолесных районах [11].

Необходимость развития экономических отношений с использованием приведенных механизмов усиливается Указом Президента РФ № 204 от 7 мая 2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ до 2024 года». **Важнейшая задача** - «сохранение биологического разнообразия, включая увеличение площади особо охраняемых природных территорий на 5 млн. га, создание инфраструктуры для экологического туризма в национальных парках, а также сохранение лесов на основе их воспроизводства на всех участках вырубленных и погибших лесных насаждений» [12].

**Вывод.** В итоге всего вышесказанного следует отметить актуальность Федерального закона от 19 июля 2018 года № 212-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования воспроизводства лесов и лесоразведения» [13]. Его реализация должна внести существенный вклад в сохранение лесов, улучшение их качества и увеличение продуктивности путем привлечения к этой деятельности круга лиц, использующих земли лесного фонда для строительства, реконструкции и эксплуатации объектов, не связанных с лесной инфраструктурой.

**Заключение.** Леса больше не должны хищнически эксплуатироваться, как это происходит сейчас. Они должны быть защищены новыми экономическими и политическими решениями, которые гарантировали бы сохранение и преувеличение лесов во благо всего населения планеты. Мы стоим перед выбором: либо халатно относиться к проблеме лесопользования, которая

угрожает здоровью и выживанию лесов, либо выбрать путь, способствующий сохранению всех важных функций лесов, учитывая их роль в улучшении условий жизни на нашей планете. Следует стремиться не только к сохранению, но и к увеличению площадей лесных насаждений. Чем дольше мы будем откладывать решение этих проблем, тем в большей степени будет усугубляться экологическая обстановка, а следовательно, возрастут затраты на восстановление лесов.

#### Список литературы

1. Материалы с брифинга в Женеве. [Электронный ресурс].- URL:<https://tass.ru/obschestvo/9022113> (дата обращения 03.10.2020).
2. Годовые отчеты МСОП. [Электронный ресурс].- URL: <https://www.iucn.org/about/programme-work-and-reporting/annual-reports> (дата обращения 03.10.2020).
3. Новостной портал «Рамблер». [Электронный ресурс].- URL: [https://news.rambler.ru/fire/41905581/?utm\\_content=news\\_media&utm\\_medium=read\\_more&utm\\_source=copylink](https://news.rambler.ru/fire/41905581/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink) (дата обращения 03.10.2020).
4. Моисеев Н.А. Финансовый кризис в лесном хозяйстве и пути выхода из него // Лесной журнал, 2016. - № 6. [Электронный ресурс].- URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/finansovyy-krizis-v-lesnom-hozyaystve-i-puti-vyhoda-iz-nego> (дата обращения 03.10.2020).
5. Федеральная служба государственной статистики. Краткий статистический сборник «Россия в цифрах», 2020 [Электронный ресурс].- URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/GOyirKPV/Rus\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/GOyirKPV/Rus_2020.pdf) (дата обращения 04.10.2020).
6. Лесной кодекс РФ [Электронный ресурс].- URL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/) (дата обращения 04.10.2020).
7. Петров А.П. Экономические отношения в лесном хозяйстве: прошлое, настоящее и вызовы будущего // Вопросы лесной науки Т2(1), 2019 [Электронный ресурс]. - URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-otnosheniya-v-lesnom-hozyaystve-proshloe-nastoyashee-i-vyzovy-buduschego> (дата обращения 04.10.2020).
8. Шварц Н. Журнал ЛПК Сибири 28.11.2017 [Электронный ресурс]. - URL:<https://lpk-sibiri.ru/lpk-forest-industry/glubokaya-pererabotka-drevesiny-v-ozhidanii-gosudarstvennyh-initsiativ/> (дата обращения 04.10.2020).
9. Моисеев Н.А. Финансовый кризис в лесном хозяйстве и пути выхода из него // Лесной журнал, 2016, № 6 (354). С. 9-16.
10. Чеботарёва Т.А. Механизм государственного регулирования в лесном секторе экономики: российский и зарубежный опыт. Перспективы совершенствования в России // Образование. Наука. Научные кадры. 2017, №4. С. 94-97.
11. Распоряжение Правительства РФ от 26.09.2013 N 1724-р «Об утверждении Основ государственной политики в области использования,

охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. - URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_152506/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_152506/) (дата обращения 06.10.2020).

12. Указ Президента РФ от 07.05.2018 N 204 (ред. от 21.07.2020) «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. - URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_297432/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_297432/) (дата обращения 06.10.2020).

13. Федеральный закон «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования воспроизводства лесов и лесоразведения» от 19.07.2018 N 212-ФЗ [Электронный ресурс]. - URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_302854/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_302854/) (дата обращения 06.10.2020).

**УДК 66-963**

## **БУДУЩЕЕ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕГАЗА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

Е.С. Мухлина, Р.Н. Балобанов

*Казанский государственный энергетический университет*

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены проблемы, появляющиеся при попытке устранения дефектов изоляции эксплуатируемого оборудования с элегазовой изоляцией. Проанализировав метод очистки элегаза, используемый в Китае, доказали эффективность, благодаря которой элегаз доводился до уровня чистоты 99,99% (технический порог, определенный в IEC 60376).

**Ключевые слова:** Элегаз SF<sub>6</sub>, изоляция, утилизация, переработка, распределительные устройства

## **THE FUTURE OF ELEGAS REUSE IN ELECTRIC POWER INDUSTRY**

E.S. Mukhlina, R.N. Balobanov

*Kazan State Power Engineering University*

**Abstract:** The problems, which happen because of eliminating insulation defects during operation of gas-insulated switchgear were observed. The method, using in China, was analyzed and the effectivity of the method, which helped to reach a purity level of 99.99% (the technical threshold defined in IEC 60376 ) was proved.

**Keywords:** SF<sub>6</sub> gas, isolation, utilization, reuse, switchgear

Гексафторид серы SF<sub>6</sub> (элегаз) - электроотрицательный газ, так как его молекулы взаимодействуют с электроном, и в связи с этим образовывается устойчивый отрицательный ион. Молекулы элегаза - максимально компактные и симметричные отрицательные атомы с большой молекулярной массой.

Промышленный процесс производства SF<sub>6</sub> происходит благодаря синтезу гексафторида серы, в котором фтор с серой образуют экзотермическую реакцию:



В данном процессе появляются другие фториды серы ( $SF_4$ ,  $SF_2$ ,  $S_2F_2$ ,  $S_2F_{10}$ ) и примеси (образуются благодаря влажности, воздуху и угольным анодам, используемым для электролиза фтора). С помощью очистки побочные продукты легко удаляются (рис.1).

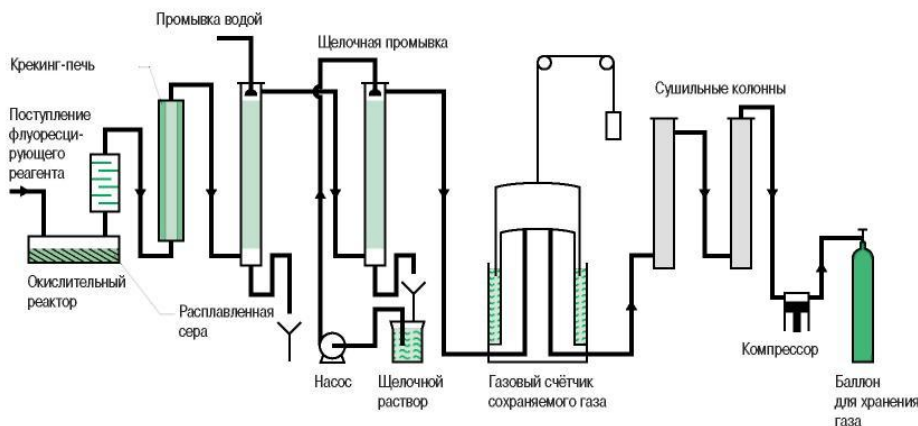


Рис. 1 - Производство элегаза  $SF_6$

Элегаз обычно используется в высоковольтных распределительных устройствах (ВРУ) из-за многочисленных положительных характеристик, таких как высокая компактность, хорошая техническая надежность, минимальные потери трансмиссии в результате размещения вблизи узлов нагрузки, низкий уровень шумов и длительный срок службы.

Несмотря на все положительные стороны,  $SF_6$  имеет наиболее мощный парниковый эффект (данные Межправительственной группы экспертов по изменению климата). Потенциал глобального потепления элегаза в 22 800 раз больше, чем у  $CO_2$  по сравнению со 100-летним периодом [2], в связи с этим контролируется его применение в странах Евросоюза.

Использование  $SF_6$  при деформации герметичности устройства невозможно, т.к. появляются различные примеси [1]. При эксплуатации элегазового оборудования можно столкнуться с токсичными примесями. В большей степени благодаря экономическим и экологическим причинам в период 1992-2008 года идет стремительный рост переработки элегаза (рис.2).

Чаще всего примеси, возникающие при эксплуатации элегаза, принято делить на две группы: низкокипящие и высококипящие. Вторая группа не составляет особого труда для удаления. Это возможно благодаря хемосорбции на щелочах и алюмогеле.

Основными способами синтеза элегаза в наше время являются:

1. Процесс сжигания серы в потоке фтора;
2. Реакция фтора с четырёхфтористой серой  $SF_4$  в присутствии катализатора;

3. Термическое разложение SF<sub>5</sub>Cl (при температуре 200 - 300 °C);
4. Фторирование соединений серы.

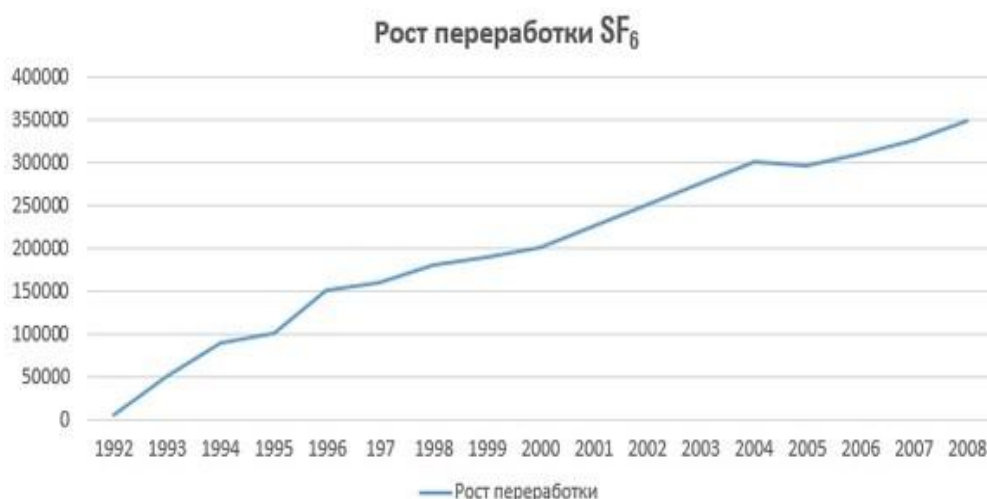


Рис. 2 - Рост переработанного SF<sub>6</sub> (кг)

Самым распространённым является процесс сжигания серы, однако при нём образуются такие примеси, как HF, SF<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>F<sub>10</sub>, S<sub>2</sub>F<sub>2</sub> и другие низшие фториды серы. Эти примеси напрямую влияют на качество элегаза, и в дальнейшем газ считается непригодным для использования, даже если количество примесей небольшое.

В Евросоюзе по ряду директив было установлено, что работу с SF<sub>6</sub> имеют право производить только специфицированные работники, которые ведут отчётность о количестве использованного элегаза. Эти директивы были введены в 2007 году, однако это не помогло хотя бы на небольшую часть остановить выбросы SF<sub>6</sub> в атмосферу, и обеспокоенность глобальным потеплением подталкивает Евросоюз на возможность введения более жестких директив, предполагающих полный отказ от элегаза.

По данным Национального кадастра выбросов Китая, общее количество выбросов SF<sub>6</sub> в 2012 год составило 1000 тонн, то есть более чем в два раза превысило уровень 2005 года.

Для удовлетворения экологических требований использование газа SF<sub>6</sub> было прекращено в производстве полупроводников и после 2010 года использование SF<sub>6</sub> в качестве защитного газа при производстве магния в Китае было остановлено.

Исследования показали, что несколько альтернативных газов с низким значением Потенциала Глобального потепления (ПГП) могут заменить SF<sub>6</sub> постепенно или частично в электрооборудовании. Но это долгосрочный процесс, и SF<sub>6</sub> не может быть полностью замещен в краткосрочной перспективе. В ближайшее время смешанный газ SF<sub>6</sub> / N<sub>2</sub> имеет наибольшую перспективу применения для частичной замены SF<sub>6</sub>. В долгосрочной перспективе газ с более низким ПГП может быть использован для полной замены SF<sub>6</sub>.

Около 6000 тонн газа SF<sub>6</sub> производится в Китае каждый год, более 50% которого используется в электроэнергетике, а количество SF<sub>6</sub>, подлежащего замене в процессе ремонта, составляет около 700 тонн.

Быстрый рост потребления элегаза привел к тому, что крупнейшая провинциальная электросеть Китайская компания Guangdong Power Grid Corporation была оснащена большим количеством элегазовой электротехники и оборудования. Для энергетических компаний очень важно перерабатывать SF<sub>6</sub>, который использовался в оборудовании, которое на данный момент находится в ремонте или более не используется. Поэтому Guangdong Power Grid Corporation было принято решение разработать технологию очистки элегаза для вторичного использования [4].

По содержанию компонентов примесей (от 0,1 до 10,0%) и химическим свойствам SF<sub>6</sub> (температура плавления -62°C, температура кипения -51°C), был создан метод «SF<sub>6</sub>, очищенный в многоканальном режиме (SFPM)», который включает в себя предварительную обработку, промывку, адсорбцию, дистилляцию, отверждение и процессы циркуляции выхлопных газов. Специфические процессы очистки, с помощью которых забракованный элегаз может быть приведён к качеству, соответствующему качеству SF<sub>6</sub> по IEC 60480-2004.

Технология SFPM состоит из 5 этапов очистки, и количество этапов изменяется в зависимости от уровня загрязненности газа SF<sub>6</sub>. Технология SFPM очищает слегка загрязненный SF<sub>6</sub> газ в коротком процессе и очищает сильно загрязненный газ SF<sub>6</sub> в длительном процессе, и благодаря этому можно с уверенностью сказать, что загрязненный газ будет очищен с помощью этого метода [3].

Шаг 1: Предварительная обработка газа. Процесс газификации SF<sub>6</sub> является эндотермической реакцией, поэтому предварительная обработка горячей водяной баней необходима для предотвращения образования жидкого SF<sub>6</sub> на дне цилиндра, которое приведет к низкой скорости извлечения отходов газа.

Шаг 2: Щелочная промывка. Необходимость щелочной промывки определяется в онлайн-системе мониторинга. Избыточные кислотные газы (SO<sub>2</sub>, HF) удаляются в щелочной стирке, которая контролируется системой управления PLC, и благодаря этому оборудование и материалы в процессе не будут повреждены. Газ SF<sub>6</sub> будет высушен для удаления воды холодильной сушилкой и затем профильтруется с помощью фильтра для удаления хлопьев и твердых примесей.

Шаг 3: Адсорбция. Газ SF<sub>6</sub> с небольшим количеством кислых газов и газ SF<sub>6</sub>, обработанный щелочной промывкой, были адсорбированы для удаления минерального масла, влаги и продуктов разложения. Учитывая цену и производительность катализа, недорого и легко заменяемый диоксид кремния, и активированный оксид алюминия помещают перед проходом газа, затем в среду помещают цеолит А-типа для специальной адсорбции влаги и Цеолит типа KDHF-03 помещают для более качественной обработки продуктов

разложения. Качество SF<sub>6</sub> и необходимость следующего шага будут оцениваться после адсорбции. Около 30% использованного газа SF<sub>6</sub> может быть очищено до необходимого для повторного использования уровня именно на этом этапе.

Шаг 4: Разделение дистилляции. Воздух и оставшиеся примеси эффективно и быстро отделяются на этом шаге. Дистилляционная колонна со скоростью обработки 50 кг/ч спроектирована под термодинамические теоретические расчеты, составляющие основную часть технологии SFPM. Газ SF<sub>6</sub> сжижается холодной ловушкой и затем вводится в ректификационную колонну. Отделенный SF<sub>6</sub> переводится в специальный контейнер, и примеси и воздух с небольшим количеством SF<sub>6</sub> переносятся в резервуар для выхлопных газов. Около 60% отработанного газа SF<sub>6</sub> может быть очищено для соответствия требованиям качества газа на данном этапе.

Шаг 5: Процесс отверждения. На этом этапе достигается нулевая эмиссия SF<sub>6</sub>. Компрессор отработавших газов запускается автоматически, когда резервуар для хранения достигает установленного давления. Газ отделяется от воздуха и примесей и вытягивается вакуумным насосом и вторично нейтрализуется щелочным раствором. Около 10% использованного газа SF<sub>6</sub> приходится на этот этап.

#### Список литературы

1. Балобанов Р.Н., Лопухова Т.В., Зацаринная Ю.Н. Влияние времени эксплуатации элегазового оборудования // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Том 15. №16. С. 122-124.
2. J.-M. Deux. SF<sub>6</sub> End-of-life Recycling for Medium and High Voltage (MV & HV) Equipment / 2013 Schneider Electric.
3. Min Chen. Recycling and Reuse of Sulfur Hexafluoride in Guangdong Power Grid Corporation / 5th International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering (ICCAHE 2016). Page 35-42.
4. Sheng Zhou, Fei Teng, Qing Tong. Mitigating Sulfur Hexafluoride (SF<sub>6</sub>) Emission from Electrical Equipment in China / Sustainability 2018, 10, 2402

## СЕКЦИЯ 7. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

**Председатель секции: кандидат экономических наук, заведующий кафедрой «Экономика и управление» Ремизов Денис Валерьевич**

**УДК 338.45**

### **МАШИНОСТРОЕНИЕ РОССИИ: СТАТИСТИЧЕСКИЙ ОБЗОР**

**О.В. Асканова**

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

**Аннотация:** В статье на основе официальных статистических данных проводится аналитический обзор произошедших в последние годы изменений в машиностроительной отрасли России. Анализируя вид экономической деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки», автор констатирует отсутствие каких-либо кардинальных сдвигов, свидетельствующих о преодолении затяжных деструктивных процессов в отрасли и её трансформации в локомотив прорывного развития страны.

**Ключевые слова:** машиностроение, индекс производства рентабельность, инвестиции, просроченная задолженность

### **ENGINEERING IN RUSSIA: STATISTICAL REVIEW**

**Askanova Oksana V.**

*Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of Polzunov Altai State Technical University, Rubtsovsk*

**Abstract:** The article provides based on official statistics analytical review of the changes that have occurred in the machine-building industry in Russia in recent years. Analyzing the type of economic activity “Production of machinery and equipment not included in other groups”, the author states that there are no cardinal shifts indicating the overcoming of protracted destructive processes in this industry. And it won't become the leading one for the breakthrough development of the country.

**Keywords:** engineering, production index, profitability, investments, arrears

Необходимость прорывного развития нашей страны, неоднократно декларированная Президентом РФ и вновь обозначенная в июле 2020 года[1], в условиях утраты Россией многих позиций в мире становится безусловным фактором не только её благополучия, но и выживания в качестве международного субъекта. В этой связи, одной из важнейших сфер экономической деятельности, определяющих экономический потенциал и мощь любого государства, его научно-технический и инновационный уровень, является машиностроение.

Детерминируя состояние всей экономики, продовольственную безопасность и обороноспособность страны и выступая, таким образом, локомотивом экономического роста, машиностроение должно постоянно развиваться и модернизироваться. Однако именно эта когда-то крупнейшая отрасль отечественной промышленности оказалась в затяжном кризисе с чётко выраженной инволюционной деформацией, обуславливающей «структурные



диспропорции, высокую степень износа основных фондов, технологическое отставание в ряде отраслей, высокую материало- и энергоемкость, низкий удельный вес продукции с высокой долей добавленной стоимости; недостаточное кадровое обеспечение и финансово-экономические возможности» [2]. Поэтому представляется интересным оценить произошедшие в последние годы изменения в основных показателях, характеризующих состояние машиностроения, и их соответствие декларируемым целям.

Анализ строится на систематизации и обобщении исключительно официальной информации Федеральной службы государственной статистики РФ. Для анализа выбран класс ОКВЭД 28 «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки», входящие в который виды деятельности (в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности 2020 года) в агрегированном виде отражены в таблице 1.

Таблица 1

Виды деятельности, составляющие класс ОКВЭД 28 [3]

Код ОКВЭД	Вид деятельности
Подкласс 28.1	Производство машин и оборудования общего назначения
Подкласс 28.2	Производство прочих машин и оборудования общего назначения
Подкласс 28.3	Производство машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства
Подкласс 28.4	Производство станков, машин и оборудования для обработки металлов и прочих твёрдых материалов
Подкласс 28.9	Производство прочих машин специального назначения

Выбор именно этого класса ОКВЭД для анализа обусловлен довольно обширным спектром продукции машиностроения, которая используется в широком диапазоне других секторов промышленности, а также в сельском и лесном хозяйстве. Однако доля отгруженной продукции этой сферой машиностроения в общем объеме отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по промышленности составляет менее 2% (таблица 2). При этом в сравнении с 2017 годом и без того незначительный вклад вида деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки» в общий объем отгруженных промышленностью товаров, работ и услуг сократился.

В отношении представленных в таблице 2 темпов роста объемов отгруженной продукции как в целом по промышленности, так и по машиностроению обращает на себя внимание их неустойчивость. В 2018 году наблюдается положительная динамика, характеризующаяся опережением достигнутых темпов роста в промышленности в сравнении с рассматриваемой сферой машиностроительного производства. В 2019 году имело место падение объемов отгрузки как по виду деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки», так и по

промышленности в целом. Однако снижение по машиностроению было менее существенным, чем по всему промышленному производству.

Таблица 2

Динамика среднегодовой численности работников организаций [4]

Показатель	2017	2018	2019	Темп роста, %	
				2018/2017	2019/2018
Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, млрд. руб. - всего <sup>1</sup>	59030	70522	69735	119,5	98,9
- по виду деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки»	1125	1249	1239	111,0	99,2
Среднегодовая численность работников организаций, тыс. человек - всего	9930,5	9887,1	9753,6	99,6	98,5
- по виду деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки»	435,0	408,2	400,5	93,8	98,1
Доля вида деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки», % - в объеме отгруженных товаров собственного производства	1,91	1,77	1,78		
- в численности работников	4,38	4,13	4,11		

Примечание: <sup>1</sup> - включает следующие сферы деятельности: добыча полезных ископаемых; обрабатывающие производства; обеспечение электрической энергией, газом и паром, кондиционирование воздуха; водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений.

Доля работников, задействованных в рассматриваемой сфере машиностроения, составляет чуть более 4% от общей численности работников организаций в РФ, при этом в последние годы также имеет место её сокращение. На фоне падения общего числа работников организаций в РФ численность занятых в сфере деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки» сокращается более высокими темпами, что и определяет уменьшение их удельного веса. Особенно разительный контраст в динамике численности работников наблюдался в 2018 году.

В таблице 3 представлены индексы объемов производства продукции, сопоставление которых с темпами роста объемов продаж (таблица 2) не позволяет дать однозначно позитивную оценку высокой динамике объемов продукции отгруженной, в 2018 году. Только затовариванием готовой продукцией в 2017 году, производством её «на склад» можно объяснить

существенное превышение темпов роста объёмов отгрузки продукции над темпами роста её производства в 2018 году как в целом по промышленности, так и по виду экономической деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки». В 2019 году, не смотря на рост объёмов производства, предприятия промышленности испытывали трудности со сбытом, снова работая «на склад».

Таблица 3

Индексы промышленного производства [4]

Показатель	2017	2018	2019	В среднем за три года
Индекс промышленного производства в % к предыдущему году - всего	103,7	103,5	102,3	103,2
- по виду деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки»	108,3	102,4	105,8	105,5

Сравнительный анализ темпов роста объёмов производства по промышленности и рассматриваемой сфере машиностроения свидетельствует, что в среднем за последние три года «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки» росло более быстрыми темпами, чем всё промышленное производство. Вместе с тем, такое соотношение соблюдалось не во все последние годы, что не позволяет констатировать наличия здесь какой-либо планомерной закономерности. Если же рассматривать динамику натуральных показателей производства в разрезе основных видов продукции машиностроения, то зачастую речь не идёт не только о росте, но даже и сохранении достигнутых в 2017 году позиций. В подтверждение этого на рисунке 1 представлены натуральные объёмы производства по наиболее важным позициям продукции, входящей в подкласс 28.3 ОКВЭД «Производство машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства».

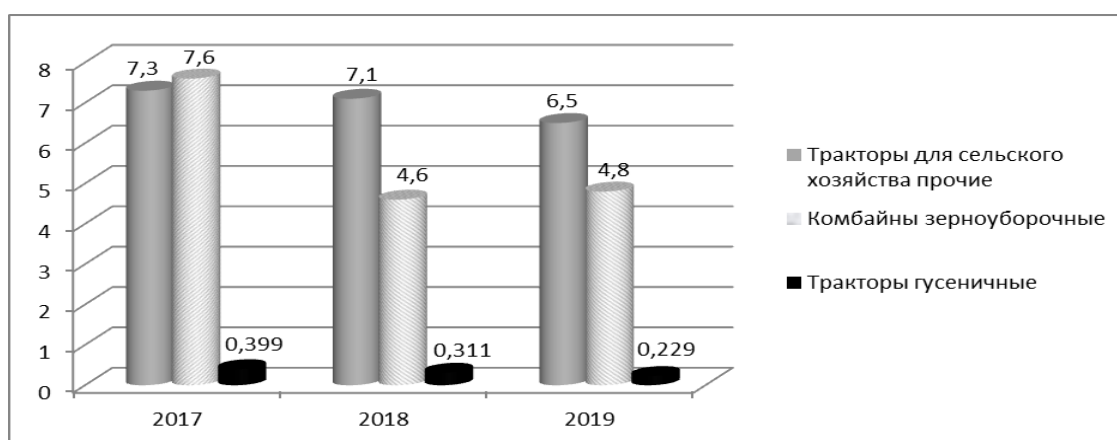


Рис. 1 - Объёмы производства отдельных видов продукции машиностроения для сельского и лесного хозяйства, тыс. шт. [4]

Парадоксальным является тот факт, что на фоне существенного наращивания объёмов отгруженной продукции по виду экономической деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки» в 2018 году (как следует из данных таблицы 2) имело место значительное снижение рентабельности продаж в этот период (рисунок 2) и формирование отрицательного сальдированного финансового результата по этому виду деятельности (88,2 млрд. руб. [4]).

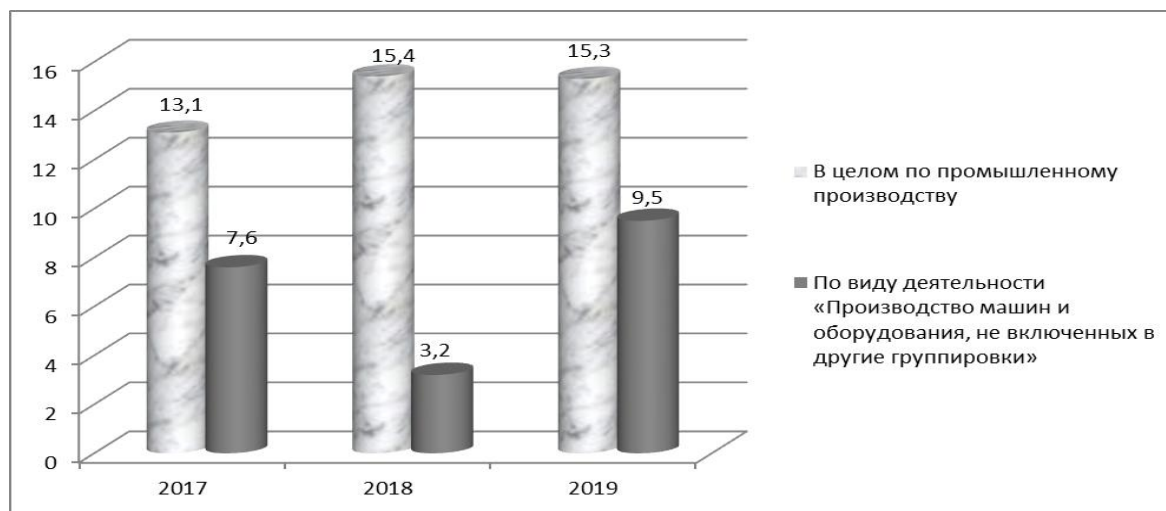


Рис. 2 - Рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг), % [4]

Если в советский период за счёт государственного планирования обеспечивалось перераспределение дохода и более высокий уровень рентабельности машиностроительного сектора на фоне всей промышленности [5], то в постсоветской России уже на протяжении десятилетий имеет место противоположная ситуация. Так, по рисунку видно, что даже максимальное значение рентабельности продаж, достигнутое по виду деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки» в 2019 году (9,5%), почти на 40% ниже аналогичного показателя по промышленности в целом (15,3%). При этом существенный рост рентабельности по рассматриваемой сфере машиностроения в 2019 году (на 25% в сравнении с 2017 годом и на 197% (!) – с 2018 годом) представляется нам мало оправданным на фоне несопоставимо низкого в этот период роста объёмов производства и сокращения объёмов продаж.

Недостаточный уровень доходности предприятий машиностроения ограничивает их инвестиционную активность, что, по нашему мнению, является препятствием для прекращения рецессии в отечественном машиностроении и, в конечном счёте, для решения обозначенной Президентом РФ задачи осуществления прорывного развития России.

В таблице 4 представлена динамика инвестиций в основной капитал по виду экономической деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки» на фоне аналогичных показателей в целом по промышленности и по обрабатывающим производствам.

Темпы роста инвестиций в основной капитал  
к уровню предыдущего года [рассчитано по 4]

Вид продукции	2016	2017	2018	2019	Среднегодовой темп роста
Всего	106,1	108,7	110,9	108,6	108,6
По обрабатывающим производствам	97,0	109,2	109,4	111,3	106,6
По виду деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки»	76,7	104,3	102,3	106,5	96,6

Несмотря на то, что официальные статистические данные свидетельствуют о ежегодном, начиная с 2017 года, росте инвестиций в основной капитал по виду экономической деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки», тем не менее, эта положительная динамика не смогла компенсировать существенный провал в инвестициях в 2016 году. На протяжении всех последних лет прирост инвестиций в основной капитал по рассматриваемой сфере машиностроения отставал от аналогичного показателя по обрабатывающим производствам и промышленности в целом, что никак не свидетельствует о приоритетности развития отечественного машиностроения.

Таким образом, отечественные предприятия машиностроения оказались в порочном круге: относительно низкий уровень рентабельности, с одной стороны, сужает их возможности финансирования обновления основного капитала за счёт собственных источников, а с другой – выступает деструктором инвестиционной привлекательности отрасли. Всё отмеченное в условиях морально устаревшей инфраструктуры производственных мощностей, критического износа оборудования и технологий является угрозой утраты Россией собственного машиностроения.

Другим индикатором, определяющим стабильность и финансовое благополучие любого субъекта хозяйствования, является его способность своевременно и в полном объёме выполнять свои обязательства перед различными контрагентами. Для демонстрации платёжных возможностей промышленности на рисунке 3 проиллюстрирован удельный вес предприятий, имевших на конец 2019 года просроченные долги.

Как видно по рисунку, доля предприятий, относящихся к виду деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки», имеющих просроченную задолженность своих покупателей, была ниже, чем в целом по промышленности. Но даже этот, казалось бы, благоприятный факт не обеспечил им преимуществ: в общем числе предприятий доля имеющих просроченные долги перед поставщиками по рассматриваемой сфере машиностроения оказалась выше, чем в среднем по всей промышленности.



Рис. 3 - Доля имеющих просроченные долги предприятий по состоянию на конец 2019 года, % [4]

Если же рассматривать объём просроченных долгов, то их соотношение между разными сферами промышленности ещё в большей степени свидетельствует о масштабности проблем в машиностроении в сравнении с другими отраслями (таблица 5).

Таблица 5

Просроченная задолженность на конец 2019 года [4]

Показатель	Доля в общем объёме задолженности просроченной	
	кредиторской задолженности, %	дебиторской задолженности, %
Всего	7,4	5,3
По обрабатывающим производствам	9,6	4,3
По виду деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки»	14,3	9,0

Несмотря на то, что, как следует из рисунка 3, меньшая доля предприятий машиностроения в сравнении со всей промышленностью имеет просроченную задолженность покупателей, тем не менее, удельный вес просроченной дебиторской задолженности в её общей величине у этих предприятий существенно больше, чем в среднем по промышленности. Это является немаловажным фактором и более значительного веса просроченной кредиторской задолженности в общем её объёме по виду деятельности «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки» в сравнении как со всей промышленностью, так и с обрабатывающими производствами.

Финансовые трудности машиностроения выражаются также в неспособности своевременно выполнять обязательства перед бюджетной

системой РФ и внебюджетными фондами, что обуславливает более высокую долю просрочки по этим обязательствам на фоне аналогичных показателей промышленности (рисунок 4).

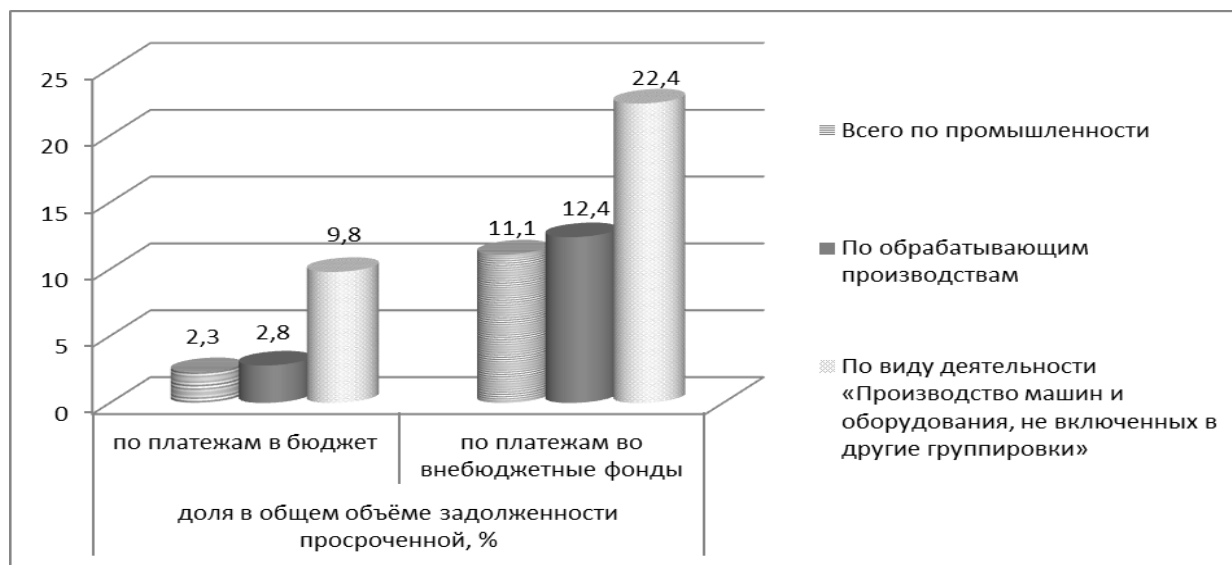


Рис. 4 - Задолженность по платежам в бюджет и внебюджетные фонды на конец 2019 года, % [4]

Таким образом, анализ основных индикативных показателей, характеризующих состояние машиностроения, не даёт оснований говорить о каких-либо кардинальных сдвигах в рассматриваемой отрасли промышленности, отвечающих задаче обеспечения не только прорывного развития России, но и хоть какого-то поступательного движения по выходу из затяжной рецессии. Однако, учитывая тот факт, что машиностроительный сектор уже на протяжении нескольких десятилетий находится в наиболее болезненном состоянии, требуется целый комплекс именно коренных мер, гармонично встроенных в единую систему стратегического планирования страны и согласованных с бюджетным процессом, направленных на преодоление деструктивных процессов в отрасли и превращение её в драйвер развития страны.

#### Список литературы

1. Указ о национальных целях развития России до 2030 года // [Электронный ресурс] – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/news/63728> (дата обращения 06.08.2020).
2. Асканова О.В., Карпенко А.В. Отечественное сельхозмашиностроение: угрозы и возможности государственной политики // Экономика и предпринимательство. –2017 – №3-1(80). – С. 125-133.
3. [ОК 029-2014 \(КДЕС Ред. 2\). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности \(утв. Приказом Росстандарта от 31.01.2014 N 14-ст\) \(ред. от 12.02.2020\)](#) // КонсультатПлюс. [Электронный ресурс] – URL:

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_163320/3e1a23b4f90e1c435aaaс9e0d9с7ea4ebb986be6/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163320/3e1a23b4f90e1c435aaaс9e0d9с7ea4ebb986be6/) (дата обращения 06.08.2020).

4. Россия в цифрах - 2020 г. // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] – URL: [https://gks.ru/bgd/regl/b20\\_11/Main.htm](https://gks.ru/bgd/regl/b20_11/Main.htm) (дата обращения 17.07.2020).

5. Асканова О.В. Отечественное сельхозмашиностроение: поддерживать или отдать в распоряжение «невидимой руки» рынка? // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017 – №6(ч.1). – С. 3-9.



## СЕКЦИЯ 8. ОБРАЗОВАНИЕ. ПЕДАГОГИКА. ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

**Председатель секции:** кандидат философских наук, доцент, заведующий кафедрой «Гуманитарные дисциплины» Павлов Александр Юрьевич

УДК 372.851

### РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

О.В. Ефременкова

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** Успешность учебного процесса в вузе напрямую связана с взвешенным использованием ИКТ, созданием цифровой образовательной среды, принципов реализации цифровых технологий. В статье рассмотрены основные принципы реализации цифровых технологий в условиях цифровой образовательной среды

**Ключевые слова:** цифровизация, цифровая образовательная среда (ЦОС), IT – технологии, электронные технологии

### IMPLEMENTATION OF the principles of DIGITAL TECHNOLOGIES IN the study of MATHEMATICS at a TECHNICAL UNIVERSITY

O.V. Efremenkova

Rubtsovsky industrial Institute (branch) Altai state technical University named after I. I. Polzunov

**Annotation.** The success of the educational process at the University is directly related to the balanced use of ICT, the creation of a digital educational environment, and the principles of implementing digital technologies. The article discusses the basic principles of implementing digital technologies in a digital educational environment

**Keywords:** digitalization, digital educational environment (DSP), IT technologies, electronic technologies

Сетевые технологии, как средство «цифровизации» образования в целом и высшей школы в частности, имеют свои преимущества и недостатки. Разумный баланс традиционного обучения и огромных возможностей электронного создает уникальные условия для эффективного повышения качества математического и технического образования. Электронное обучение необходимо сочетать с достаточной коммуникацией студента и преподавателя, их совместной творческой работой, созданием проблемных ситуаций в процессе изучения нового материала с учетом индивидуальности каждого студента. Принципиально важное значение приобретает как диалог студента с преподавателем и другими студентами, так и обучение в малых группах [1]. Причем исследования подтверждают, что результаты обучения напрямую зависят от качества работы преподавателя. Механическое использование электронного ресурса не дает ожидаемого эффекта, поскольку пассивность восприятия снижает познавательную активность, бессистемность и фрагментарность наличия информации, неумение отличать главного от

второстепенного сводит к минимуму формирование индивидуальной исследовательской деятельности студента. Самостоятельное обучение студентов является составной частью образования, ведь чем динамичнее и полнее прорабатывается информация самим студентом, тем глубже она будет им усвоена [4]. Поэтому постоянное переключивание этой работы на компьютер ведет к формированию поверхностного восприятия. Для качественного усвоения необходимо установление соответствия внутренних и внешних свойств и связей объекта, осознание его целостности. А для этого пассивного созерцания презентаций, видео - и слайд-лекций бывает недостаточно. Тем не менее, электронные сетевые технологии обогащают совместную деятельность студента и преподавателя и активизируют все виды образовательной деятельности.

Вырвавшись из узкопрофессиональных рамок цифровой экономики, цифровая трансформация охватила все стороны жизни современного общества. Образование призвано подготовить людей будущего, способных свободно ориентироваться в информационно-коммуникативных технологиях (ИКТ), самостоятельно выстраивать свой образовательный план, корректировать его в зависимости от меняющихся целей, управлять своей учебной деятельностью на всех этапах образовательного процесса. Цифровая обучающая среда (ЦОС), стихийно формирующаяся в российском образовательном пространстве, призвана создать условия для самореализации и социальной адаптации студентов, энергично использующих ИКТ в самообразовании. Свободный неограниченный доступ к образовательным ресурсам экономит время, необходимое студенту для освоения учебного материала, вариативность заданий дает широкий выбор для удовлетворения индивидуально-психологических способностей обучающихся.

Курс математики технического вуза отличается не только объемом, глубокой системностью, но и прикладной направленностью материала. Требование непрерывного обновления наполнения предмета, отбор оптимальных методов обучения привели к систематическому использованию компьютера на всех этапах занятия: от объяснения нового материала до итогового контроля. На первом этапе особенно эффективна визуализационная плотность новых понятий, их иллюстративность. Использование Microsoft Office/Microsoft Excel, MS PowerPoint помогает преподавателю самостоятельно формировать тесты промежуточного и итогового контроля, математические пакеты MathCad, Maple, MatLab незаменимы при решении сложных математических задач. Применение компьютера в современном обучении как тренажера и репетитора оправдано для отработки и закрепления полученных на занятии умений и навыков, увеличения скорости обратной связи с преподавателем, быстроты принятия решений, т.е. компьютер усиливает образовательную функцию преподавателя. Сам по себе компьютер не может организовать процесс творчества даже в условиях учебного имитационного моделирования в режиме «интеллектуальная игра», хотя, без сомнения, здесь использование компьютера максимально оправдано. Он помогает

преподавателю создавать обучающую образовательную среду, благоприятствующую развитию мышления [2]. Просто встроить компьютер в образование без разработки новой педагогической системы с учетом всех педагогических моментов, на наш взгляд, невозможно. Внедрение ЦОС в современный учебный процесс бесспорно актуализирует и активизирует студентов. Тем не менее, проблема их мотивации к обучению так и остается проблемой. И задача педагога - чтобы с помощью цифровых технологий подчеркнуть связь теории с практикой, показать практическую направленность учебного материала. Технические возможности компьютера, подкрепленные квалификацией и желанием педагога, позволяют представить особенно сложный материал в наглядной и понятной форме. Взвешенное же применение электронных систем в образовательном процессе повышает качество математического образования студентов технического вуза.

Мы рассматриваем «цифровизацию» как усложненный уровень информатизации, более объемный в масштабе перспектив своего развития. Она более независима, обладает аналитическим инструментарием, автономно может решить поставленные задачи, но не является искусственным интеллектом. Приобретение цифровых технологий невозможно без цифровых компетенций, которое, на наш взгляд, происходит за счет информационных средств. ЦОС – публичный комплекс электронных систем, призванный удовлетворить любые запросы образовательного процесса. Публичность предлагает использовать различные ИКТ, варьировать их по необходимости. Притом ЦОС может включать различные, в том числе и конкурирующие системы, что не ограничивает возможности среды к динамическому развитию. Основные принципы ее построения, такие как полезность, открытость, доступность, конкурентность, присущи любой образовательной среде, для ЦОС приобретают первостепенное значение.

При реализации цифровых технологий в образовательный процесс необходимо применять такие принципы, как наглядность, научность и доступность, системность и последовательность, сознательность.

Наглядность математической модели обучения упростит понимание сути задачи, мультимедийные презентации, аудиоматериал на любом этапе обучения задействует все каналы восприятия - от зрительного до эмоционального [3]. Причем возможность возвращаться к предыдущим темам упрощает процесс преемственности материала. Использование когнитивной компьютерной графики позволяет визуализировать не только известные студентам знания, но и еще не описанные текстом, находящиеся на более высоких ступенях абстракции. Вместе с тем, нельзя допустить перекоса в использовании этого принципа, что может заслонить математический смысл задачи, отвлечь от способов решения [3]. Преподаватель устанавливает степень применения наглядности в учебном процессе с учетом всех факторов подготовленности аудитории.

Принцип научности прежде всего учитывается при составлении учебной программы, дидактического обеспечения предметной области, выборе методов

и способов обучения. Применение мультимедиа в учебном процессе насыщает его научными методами исследования: наблюдение, обобщение, конкретизация эксперимент, анализ, синтез. Доступность требует от преподавателя определения уровня подготовки аудитории к восприятию учебного материала. Пресыщенность чрезмерно сложными заданиями, отсутствие адекватного восприятия материала студентами сдерживает процесс обучения. Поэтому материал, выводимый на экран, должен удовлетворять дифференцированности обучения и быть структурирован по уровням сложности.

Принцип системности и последовательности организован не только самим учебным материалом, но и последовательностью применения способов и методов познания. В компьютерных технологиях особенно важна очередность подачи различных фрагментов материала, выбор оптимальной последовательности восприятия студента, с возможностью использования им дедуктивного или индуктивного метода получения результата, что является неотъемлемой частью принципа дидактической системности.

Методика организующей стратегии реализует принцип сознательности. Студент выступает здесь как организатор дополнительного учебного образования, которого ему не хватило в рамках теоретического курса изучаемого предмета.

Принцип когнитивности коммуникации, проявляющийся в диалоге между студентом и компьютером как носителем когнитивной базы данных, обязывает преподавателя обеспечить связанность стадий познавательного процесса, корректировать путь студента от выдвижения гипотезы до оформления выводов по предложенной проблеме.

Применение ИКТ в сочетании с традиционной системой обучения при обучении математике в техническом вузе, на наш взгляд, особенно сближает процессы обучения и исследования. Не стоит рассматривать эти технологии как конкурирующие, но дополняющие друг друга, обогащающие и дополняющие друг друга. Необходимо еще очень много педагогических, дидактических и методических усилий для разработки адекватных теорий образования. На наш взгляд, «психолого-педагогическая теория контекстного образования» [5], которая с начала 1980 годов разрабатывается академиком Вербицким А.А., может быть использованы в качестве основы.

#### Список литературы

1. Вербицкий А.А. Теория и технологии контекстного образования. Учебное пособие. – М., МПГУ, 2017.

2. Воинова О.И., Плешаков В.А. Личность и киберсоциум: становление киберсоциальности и классификация людей по степени интегрированности в киберсоциум // Электронный научно-публицистический журнал «Homo Cyberus». – 2018. – № 1(4). [Электронный ресурс] URL: [http://journal.homocyberus.ru/personality\\_and\\_cybersocium\\_formation\\_of\\_cybersafty\\_and\\_classification\\_of\\_people\\_according\\_to\\_the\\_extent\\_of\\_the\\_integration\\_into\\_the\\_cybersocium](http://journal.homocyberus.ru/personality_and_cybersocium_formation_of_cybersafty_and_classification_of_people_according_to_the_extent_of_the_integration_into_the_cybersocium)

3. Ефременкова О.В., Кулешова И.И., Орлов А.В. Визуализация решения вероятностных задач в условиях развивающей образовательной среды. Журнал "Мир науки, культуры, образования", - 2018. - №4(71) г. Горно-Алтайск, С.36-40.

4. Коровин А. Дети в сети, или Знакомьтесь: Поколение Z [Электронный ресурс] URL: <http://www.pravmir.ru/deti-v-seti-ili-znakomtes-pokolenie-z>

5. Психология и педагогика контекстного образования: Коллективная монография / Под научн. ред. А.А. Вербицкого. – М.: СПб.: Нестор-История, 2018.

**УДК 37.04**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Ю.В. Казанцева

Рубцовский индустриальный институт (филиал)

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет

им. И.И. Ползунова», г. Рубцовск

**Аннотация.** В статье рассматривается внедрение в учебный процесс дистанционных образовательных технологий. Актуальность их применения обусловлена ростом запросов и образовательных потребностей отдельных категорий граждан, развитием технических возможностей образовательных организаций.

Рассмотрены преимущества и недостатки применения дистанционных технологий, а также их использование для удовлетворения индивидуальных потребностей обучающихся. Автором выделяются различные фокус-группы обучающихся, имеющих индивидуальные образовательные потребности, показаны особенности работы с ними.

**Ключевые слова:** дистанционные образовательные технологии, дистанционное обучение, преимущества дистанционных образовательных технологий, мотивация обучения.

## **APPLICATION OF DISTANCE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES TO MEET THE INDIVIDUAL NEEDS OF STUDENTS**

Yu.V. Kazantseva

Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of

Polzunov Altai State Technical University, Rubtsovsk

**Abstract.** The article discusses the introduction of distance learning technologies into the educational process. The relevance of their application is due to the growth of educational needs of certain categories citizens, the development of technical capabilities in educational organizations.

The advantages and disadvantages of using distance learning technologies, as well as their use to meet the individual needs of students are considered. The author highlights various focus groups of students with individual educational needs, interaction ways with them.

**Keywords:** distance learning technologies, distance education, advantages of distance learning technologies, motivation for learning.

В настоящее время дистанционные образовательные технологии все больше внедряются в учебный процесс в связи с ростом запросов и образовательных потребностей отдельных категорий граждан, этому

способствует расширению образовательных возможностей сети Интернет, развитие технических возможностей образовательных организаций.

С течением времени дистанционное образование будет иметь все большую востребованность, поскольку все большее количество людей стремится получить полноценное образование, или пройти переподготовку без отрыва от основной работы, или учиться, не имея возможности непосредственно посещать учебное заведение.

Целью работы: уточнить сущность понятия дистанционных образовательных технологий и обосновать возможности их применения в образовательном процессе.

Дистанционные технологии открывают для учебных заведений возможности привлечения большого количества обучающихся за счет числа студентов, которые не имеют возможности очного присутствия, уменьшения затрат на образовательный процесс, повышения качества обучения за счет внедрения инновационных методик в учебный процесс.

В дальнейшем будет наблюдаться все большее увеличение спроса на дистанционное обучение со стороны обучающихся, не имеющих непосредственной возможности посещать учебное заведение или обучаться по очной форме (например, обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья, учащиеся, находящиеся на длительном стационарном лечении, обучающиеся, выезжающие с родителями в командировки за рубеж, спортсмены, проводящие длительное время на сборах, и т.д.) Будет также увеличиваться спрос на дистанционное образование со стороны педагогов, которым удобно работать вне образовательной организации (например, находящиеся в декретном отпуске или имеющие маленьких детей). Увеличится также спрос со стороны руководителей образовательных учреждений для решения ряда кадровых проблем.

Порядок применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в учебных заведениях регулируется Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» и Приказом Минобрнауки России от 9 января 2014 г. № 2 «Об утверждении порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ».

Дистанционное обучение – это обучение, при котором осуществляется взаимодействие преподавателя и обучающихся с использованием современных коммуникационных технологий и средств связи, когда невозможно непосредственное общение и взаимодействия преподавателя или обучающихся по ряду причин, например территориальная отдаленность, ограниченные возможности, временной лимит, ограничения вследствие пандемии.

При этом все взаимодействие или его часть осуществляются дистанционно.

Под дистанционными образовательными технологиями понимаются также образовательные технологии, реализуемые в основном с применением

информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном взаимодействии обучающихся и педагогических работников [4].

Внедрение и применение дистанционных образовательных технологий заключается в том, что традиционный учебно-воспитательный процесс не отменяется, а дополняется и развивается за счет внедрения методов и средств дистанционных образовательных технологий, включающих электронные образовательные ресурсы (электронные учебники, образовательных платформы, платформы тестирования), различные средства телекоммуникации (вебинар, видеоконференция, форум и т.д.), средства дистанционного обучения, позволяющие передавать и принимать информацию на расстоянии.

Дистанционное образование должно быть построено таким образом, чтобы способствовать максимальному удовлетворению образовательных потребностей обучающихся, их индивидуальных запросов на получение качественного образования, при этом также максимально учитывая их индивидуальные личностные и психологические особенности. Кроме того, необходимо принимать во внимание и образовательные возможности обучающегося: наличие средств связи, возможностей выхода в интернет, возможности преодоления определенного расстояния для непосредственной коммуникации с преподавателем, отсутствие определенных ограничений и, наконец, уровень образования, полученного обучающимся на предыдущей ступени.

Внедрение дистанционных технологий в учебный процесс особенно актуально для обучающихся различных категорий с индивидуальными образовательными потребностями. Каждое учебное заведение должно выявить круг таких обучающихся для максимального удовлетворения их разнообразных образовательных запросов по получению доступного качественного образования. Изучив отдельные категории обучающихся, можно выделить отдельные группы с индивидуальными образовательными потребностями.

Обучающиеся с инвалидностью или ОВЗ, в том числе находящиеся на индивидуальном домашнем обучении; обучающиеся, находящиеся на длительном лечении в стационарных условиях; обучающиеся, для которых затруднительно посещать учебное заведение в силу их физических возможностей. Для данной категории обучающихся необходимы специальные методы и приемы обучения, представление материала в небольшом объеме, который позволяет запомнить изученное, многократные повторения, работа по образцу, постоянная смена видов деятельности и т.д., не всегда применимые в условиях класса или студенческой группы. Кроме того, для данной категории следует учитывать специальные средства обучения: версии для слабовидящих, усиленное звуковое сопровождение, а также особый режим для обучающихся с нарушением опорно-двигательного аппарата.

Обучающиеся, кратковременно пропустившие занятия по ряду причин (находящиеся на спортивных сборах и соревнованиях, выступающие на концертах; учащиеся, не посещающие образовательное учреждение в период неблагоприятных погодных условий, обучающиеся, если весь класс или

студенческая группа находится на карантине; пропустившие занятия по семейным или иным обстоятельствам). Для данной категории необходимо предусмотреть задания или виды тестов, которые помогут устранить пробелы в их образовании и позволяют им освоить материал самостоятельно.

Одаренные обучающиеся, которые нуждаются в индивидуальном темпе учебной деятельности, демонстрируют опережающее развитие, готовые к усвоению объемов информации, значительно превышающих программный материал, проявляющие интерес и способности к областям знаний вне программного материала. Для данной категории необходимо предусмотреть эвристические задания, задания, направленные на развитие и совершенствование интеллекта.

Обучающиеся, не осваивающие или плохо осваивающие программный материал, в силу индивидуальных мыслительных способностей. Для данной категории подбираются задания с многократным повторением, выполнение по образцу и т.д.

Преимуществами внедрения дистанционных образовательных технологий в учебный процесс являются доступность использования образовательных услуг, удобство места и времени получения образования (особенно в случае малой мобильности обучающегося), возможность применения адаптированных образовательных программ или образовательных программ для одаренных обучающихся, связь с преподавателем в случае необходимости.

При использовании дистанционных образовательных технологий возникает также ряд трудностей: необходима психологическая адаптация обучающихся к новым формам обучения, отсутствие личного контакта обучающегося с педагогом, неумение обучающихся самостоятельно организовать свою работу, правильно планировать работу и выполнить ее в срок, ухудшение речи обучающихся, снижение коммуникативной культуры, неумение взаимодействовать в группе и коллективе. Преподавателю необходимо осознавать, какие трудности возникают у обучающегося, ставить перед ним коммуникативные задачи, повышать мотивацию обучения, следить за своевременностью выполнения заданий, обучать самоорганизации. Еще одной проблемой дистанционного обучения является трудность определения, полностью ли обучающийся самостоятельно выполнял задание или нет.

Демкин В.П., Можяева Г.В. отмечают также, что обучающиеся должны четко осознавать цель обучения. Хорошо сформулированная учебная цель должна содержать легко контролируемый и видимый результат обучения, условия и критерий достижения этого результата, например:

- обеспечить обучающегося некоторой суммой знаний, в результате чего он сможет повторить или распознать материал;
- научить ученика (студента, слушателя) понимать суть процессов и явлений;
- сформировать у обучающегося умения рассуждать, давать оценки, анализировать и синтезировать;



- привить профессиональные навыки, которые характеризуют высшую степень готовности студента (слушателя) к профессиональной деятельности [5].

Лишманова Н.А., Пимичева М.А. выделяют ряд принципов дистанционного обучения.

Принцип гибкости позволяет не посещать лекции и семинары в строго установленное время, а обучаться в любом месте в удобное для себя время. Благодаря этому принципу повышается доступность образования, т.е. практически каждый может позволить себе получать образование таким способом.

Модульный принцип обучения. Данный принцип позволяет строить учебные программы для каждого обучаемого с учетом его подготовки и потребностей.

Принцип открытого обучения также является немаловажным. Он предполагает, что в системе образования лежит богатая и хорошо разработанная образовательная среда, в которой обучаемый ориентируется достаточно самостоятельно, при этом стремясь к достижению своих образовательных целей.

Принцип сознательности и активности, который предполагает понимание учащимся смысла усваиваемых им знаний и умений, а также четкое понимание и представление своих целей, формирование на основе приобретенных знания своих убеждений [3].

Данные принципы рассматриваются как основополагающие при разработке и внедрении дистанционного образовательного курса.

На наш взгляд, при такой постановке вопроса необходим принцип учета индивидуальных особенностей обучающихся. В этой связи возможно создание ступенчатых модулей, предусматривающих одновременно широкий круг использования и дифференциацию заданий для различных категорий обучающихся.

Для достижения целей дистанционного обучения необходимо так построить учебный курс, чтобы он максимально соответствовал образовательной потребности обучающегося. При этом главным критерием оценивания усвоения материала должна быть не способность обучающегося воспроизвести изученный материал (или его часть), а способность применения полученных знаний на практике, в измененной ситуации, реализацию творческого подхода при изучении учебного материала. При этом проверка изученного материала не должна быть просто тестированием или выполнением ряда заданий по определенному алгоритму. Преподавателю необходимо комбинировать способы проверки знаний для достижения максимального эффекта: активное изучение теоретического материала, использование конкретных ситуаций, решение задач по алгоритму и с измененными условиями, участие в дискуссии, применение эвристических методов. Обучающийся должен уметь также применять теоретические знания на практике, связывать их с будущей профессиональной деятельностью.

Весь материал дистанционного курса необходимо разбить на модули, которые включают:

- теоретический материал,
- практическое применение изученного материала,
- решение задач или разбор конкретных ситуаций,
- контролирующий блок (необходимо предусмотреть также самоконтроль).

Необходимо также предусмотреть процесс наиболее эффективного взаимодействия обучающегося с преподавателем: способ связи, наиболее удобный для обеих сторон (например, электронная почта, обучающая платформа и т.д.), строго регламентировать время взаимодействия обучающегося и преподавателя, но при этом необходимо, чтобы каждый был на связи в случае острой необходимости. При обсуждении материала лучше использовать видеосвязь, чтобы иметь возможность установить личный контакт и использовать средства невербальной коммуникации для наиболее рационального решения коммуникативной задачи. В то же время обучающийся не должен чувствовать себя изолированным. Правильно составленный дистанционный курс предполагает также интерактивные формы взаимодействия между группой обучающихся. Обучение в группе происходит наиболее эффективно. При этом обучение должно быть построено так, чтобы использовать теоретические знания для дальнейшей профессиональной деятельности. Обучающийся должен творчески усваивать информацию, применяя полученные знания в стандартной учебной ситуации и ситуации с измененными условиями.

Формами дистанционного курса могут быть модульная программа для усвоения определённой темы, раздела или всего курса, тестирование для выявления уровня знаний и владений в определенной области, дистанционная олимпиада, блог по определенной тематике, беседа или конференция, научное или научно-практическое исследование по определенной тематике, разработка проектов.

Основными видами учебной деятельности с применением дистанционных образовательных технологий могут быть индивидуальная работа с преподавателем, групповые виды работы (как с преподавателем, так и без), самостоятельная работа по выполнению проектов, подготовка к участию в олимпиадах, конкурсах и т.д.

При реализации дистанционного обучения необходимо применение дистанционных образовательных курсов, представляющих собой электронные учебники и дистанционные программы. Дистанционный курс должен мотивировать обучающегося на получение знаний, содержать проблемные задания и вопросы, а не просто воспроизводить материал лекции на экране монитора. Каждый курс должен представлять образовательную траекторию для отдельного учащегося.

При реализации дистанционного курса должны использоваться различные технологии «доставки» информации: электронная обучающая программа,

электронная почта, видеосвязь, аудио- и видеоконференции и т.д. Технологии должны быть максимально простыми и удобными для обучающегося.

Реализация дистанционного курса также должна предполагать взаимодействие обучающегося не только с преподавателем, но и с другими обучающимися, чтобы иметь возможность сравнивать собственные успехи и достижения с достижениями других участников. Также необходима возможность создания совместных проектов, для того чтобы обучающиеся не чувствовали себя изолированно, а могли взаимодействовать в группе.

Формирование мотивационной сферы обучающегося является немаловажным фактором при реализации дистанционного курса. Дистанционный курс предполагает большую часть самостоятельной работы, которая включает целеполагание, планирование, разработку идей, изучение материала, самопроверку, коррекцию полученных знаний. Основным акцент должен быть направлен на формирование внутренней мотивации обучающегося. Деятельность должна восприниматься им как лично значимая, он должен быть заинтересован в формировании профессиональных компетенций и ценностной сферы личности, усваивая творческий характер деятельности.

Таким образом, дистанционные образовательные технологии дают возможность получения качественного образования для различных групп обучающихся, имеющих в силу обстоятельств индивидуальные образовательные потребности, предоставляя возможности вхождения в профессиональную и социальную жизнь общества.

#### Список литературы

1. Рулиене Л.Н. Дистанционное обучение: сущность, проблемы, перспективы / Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета, 2010. 272 с.
2. Корниенко С.А. Электронное обучение как средство реализации образовательной программы // Педагогика: традиции и инновации: материалы V Междунар. науч. конф. (г. Челябинск, июнь 2014 г.) Челябинск: Два комсомольца, 2014. С. 175-182. Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/104/5759>.
3. Лишманова Н. А., Пимичева М. А. Дистанционное обучение и его роль в современном мире // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 11. С. 2216–2220. Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2016/86472.htm>.
4. Дистанционное обучение [Электронный ресурс]: Акты федерального органа управления образованием (Минобрнауки России) [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://zakon.edu.ru/catalog.asp?cat\\_ob\\_no=12307&ob\\_no=13097](http://zakon.edu.ru/catalog.asp?cat_ob_no=12307&ob_no=13097)
5. Никуличева Н.В. Внедрение дистанционного обучения в учебный процесс образовательной организации: практ. пособие / М.: Федеральный институт развития образования, 2016. 72 с.

6. Полат Е.С. Модели дистанционного обучения / Лаборатория дистанционного обучения, Ин-т содержания и методов обучения РАО [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.distant.ioso.ru/for%20teacher/25-11-04/model.htm>

7. Хуторской А.В. Модель образовательной среды в дистанционном эвристическом обучении // Эйдос. 2005. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eidos.ru/journal/2005/0901.htm>

**УДК 796/799**

## **ПРАВИЛА РАССТАНОВКИ В ВОЛЕЙБОЛЕ: СХЕМЫ, ПРИМЕРЫ, ПОЯСНЕНИЯ**

**В.О.Ксендзов**

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Рубцовск*

**Аннотация.** В статье приводятся правила расстановки в волейболе, с примерами, схемами и пояснениями. Рекомендуются тренерам-преподавателям по волейболу и учителям физической культуры.

**Ключевые слова:** правила волейбола, расстановка в волейболе

## **THE RULES OF LINE UP IN VOLLEYBALL**

**V.O.Ksendzov**

*Rubtsovsk Industrial Institute (branch)*

*Altai State Technical University by I.I.Polzunov, Rubtsovsk*

**Annotation.** The article presents the rules of line up in volleyball, with examples, explanations and schemes. Recommended by volleyball coaches and physical education teachers.

**Key words:** volleyball rules, line up in volleyball.

Ни для кого не секрет, что многие волейболисты, а также начинающие тренеры, занимаясь волейболом, правила игры знают недостаточно хорошо. Особенно это касается правил расстановки. В результате, игроки на площадке точно не знают, где им находиться перед подачей, чувствуют себя неуверенно, а тренеры не могут в полной мере реализовать тактический потенциал игры. Все это сказывается на качестве игры и ее результате.

Поэтому, цель статьи, включающей в себя правила расстановки, с примерами, иллюстрациями и комментариями, – помочь игрокам и начинающим тренерам разобраться в этом вопросе.

Каждая команда (в момент удара по мячу подающим) должна располагаться в пределах своей площадки в порядке перехода (исключая подающего) [1]. Положение игроков контролируется до выполнения подачи, в соответствии с расположением их стоп, контактирующих с поверхностью, следующим образом (см. рисунок 1).

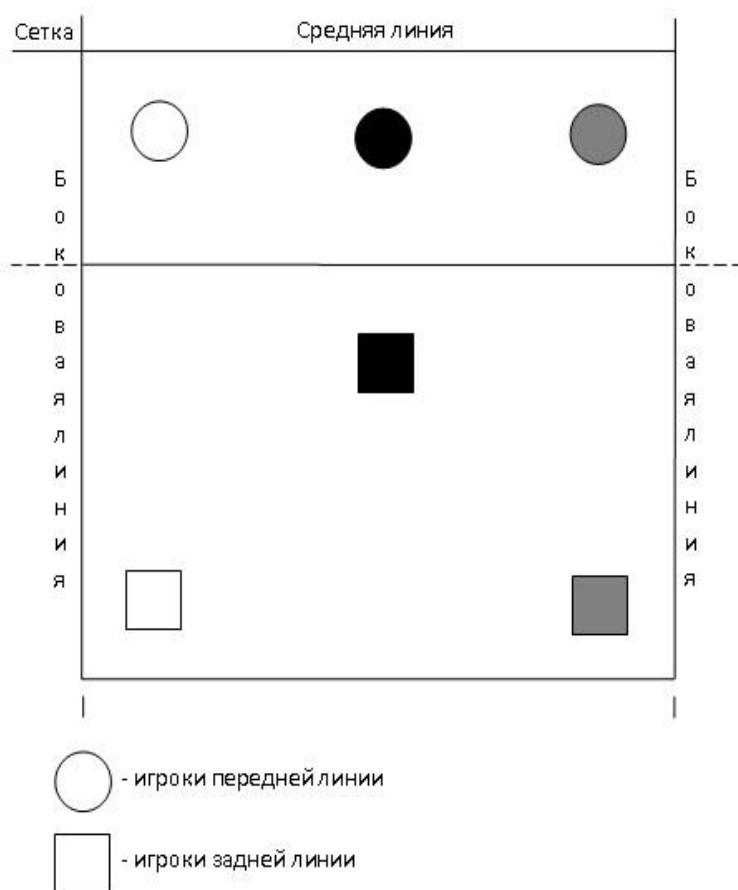


Рисунок 1

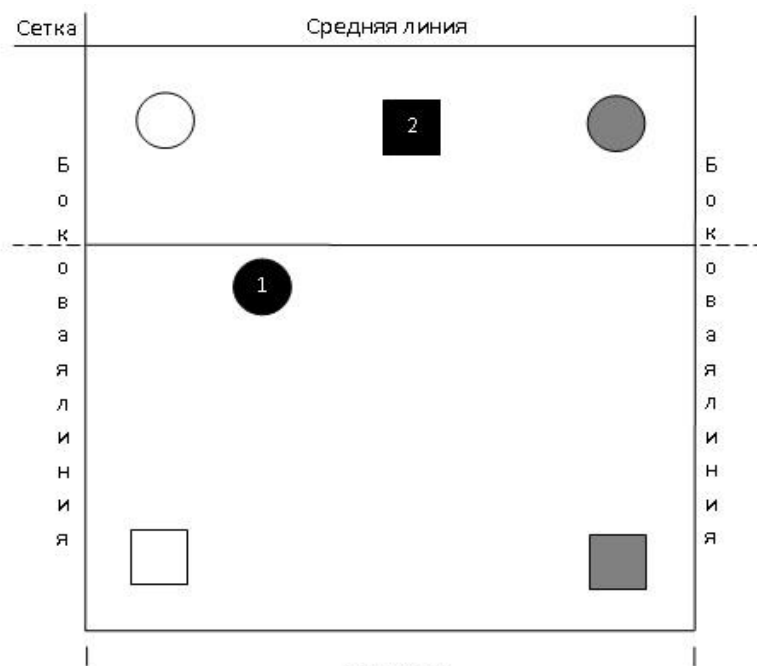
По крайней мере, часть стопы каждого игрока передней линии должна находиться ближе к средней линии, чем стопы **соответствующего** игрока задней линии (на рисунке 1 «соответствующие» игроки показаны одинаковым цветом). Игроки задней линии и игроки передней линии (каждая линия смотрится **отдельно**) должны находиться относительно боковых линий в соответствии с занимаемым положением: по крайней мере часть стопы каждого правого (левого) бокового игрока должна находиться ближе к правой (левой) боковой линии, чем стопы центрального игрока его линии.

После удара на подаче игроки могут свободно перемещаться по своей площадке и в свободной зоне и занимать любое место.

Команда совершает позиционную ошибку, если любой игрок в момент удара по мячу подающим не находится в своей правильной позиции. Если подающий игрок совершает ошибку при подаче в момент удара на подаче, то ошибка подающего превалирует над ошибкой в расстановке. Если подача становится неправильной после удара на подаче, то засчитывается ошибка в расстановке.

Рассмотрим несколько примеров расстановки.

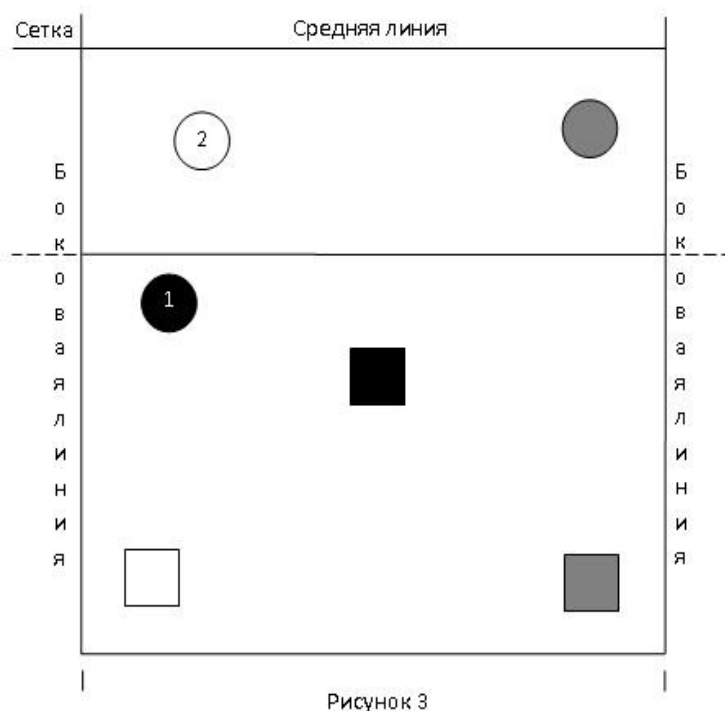
Пример 1 (см. рисунок 2)



В этом примере у игроков 1 и 2 мы видим ошибку в расстановке, так как игрок передней линии 1 расположен дальше от средней линии, чем игрок задней линии 2. Обратите внимание, что игроки 1 и 2 – «соответствующие».

Такая ошибка часто возникает тогда, когда игрок 2 является связующим и выходит к сетке для выполнения второй передачи, до совершения удара при подаче. Чтобы расстановка стала правильной, игроку 1 необходимо зайти за игрока 2, чтобы оказаться ближе к средней линии, чем игрок 2.

Пример 2 (см. рисунок 3)



Здесь также есть ошибка в расстановке, так как левый игрок передней линии 2 находится дальше от левой боковой линии, чем центральный игрок этой же линии 1.

Обычно, такая ошибка возникает тогда, когда игрок 2 является связующим и перемещается в зону 3 для выполнения второй передачи, до совершения удара на подаче.

Чтобы избежать такой ошибки нужно: а) до совершения подачи четко зафиксировать положения игроков 1 и 2, чтобы игрок 2 находился ближе к левой боковой линии, чем игрок 1; б) игроку 2 не начинать движение в направлении зоны 3 до совершения удара при подаче.

Пример 3 (см. рисунок 4)

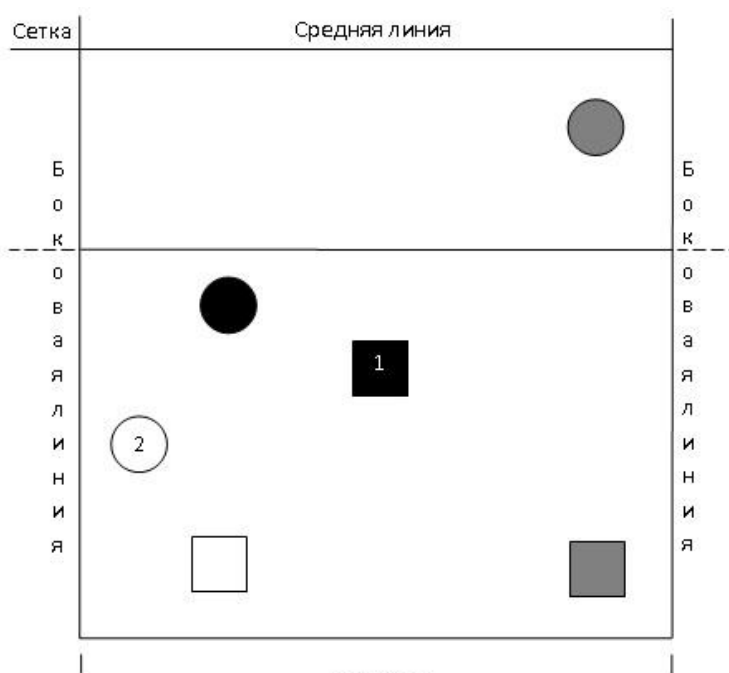
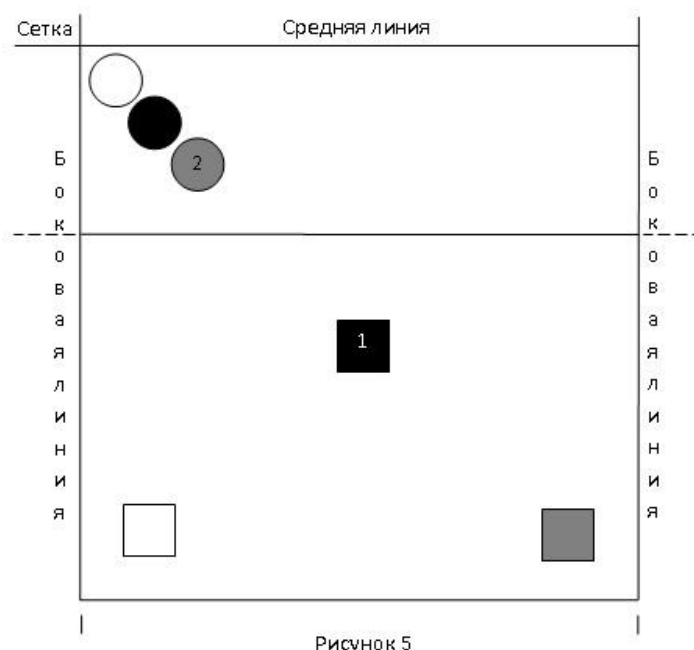


Рисунок 4

В этом случае ошибки в расстановке нет, несмотря на то, что игрок передней линии 2 расположен дальше от средней линии, чем игрок задней линии 1, поскольку эти игроки не «соответствующие» (игрок 1 – центральный, а игрок 2 – левый боковой).

В данном случае, правильное понимание этой ситуации позволяет более грамотно использовать тактический потенциал расстановки. Например, оттянуть игрока передней линии 2 назад, чем усилить игру команды при приеме подачи.

Пример 4 (см. рисунок 5)



В этом примере также нет ошибки в расстановке, несмотря на то, что боковой правый игрок 2 расположен дальше от правой боковой линии, чем центральный игрок 1, поскольку эти игроки разных линий (2 – игрок передней линии, а 1 – игрок задней линии).

Понимание правил расстановки, в данном случае, также позволяет расширить тактический потенциал команды. Например, такая расстановка позволяет увести игрока 2 из зоны 2 влево, если ему удобней нападать перед связующим (из зоны 3 или 4), а не из-за головы связующего, из зоны 2. Такое тактическое решение может существенно усилить игру команды в нападении.

В заключение отмечу, что если у игроков и тренера нет четкого понимания правил расстановки, то при позиционных ошибках, которые фиксирует судья, в команде может возникнуть паника: игроки не знают, где они должны стоять, упрощают тактику. Это всегда приводит к спаду в игре, выйти из которого бывает очень сложно.

Надеюсь, что представленный в работе материал будет полезен как игрокам, так и начинающим тренерам и учителям физкультуры.

#### Литература

1. Официальные волейбольные правила 2017-2020.



УДК 378.14

## ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

А.В. Орлов

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова»*

**Аннотация.** В статье рассматриваются специфические особенности дистанционного обучения студентов иностранному языку в техническом вузе. Содержание дистанционного обучения, его правильная учебно-методическая организация и компонентный состав повышают эффективность усвоения иностранного языка и способствуют формированию лингвопрофессиональной компетенции студентов. Дистанционное обучение базируется на инновационных технологиях/методиках обучения иностранному языку, что позволяет выстраивать виртуальную образовательную среду в виде новых форм и приемов обучения, делая учебный процесс, все его компоненты и структуры, более гибкими и личностно ориентированными.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, виртуальная образовательная среда, интерактивные технологии обучения, профессионально-личностное развитие, компьютеризация образования, интеллектуальные системы обучения, мультимедийные системы.

## PRACTICAL ASPECTS FOR IMPLEMENTING OF DISTANCE LEARNING A FOREIGN LANGUAGE AT A TECHNICAL UNIVERSITY

A.V. Orlov

Rubtsovsk Industrial Institute (branch) Altai

State Technical University named after I. I. Polzunov, Rubtsovsk, Russia

**Abstract.** The article deals with the specific features of distance learning a foreign language regarding students at a technical University. The contents of distance learning, its correct educational and methodological organization and component composition increase the effectiveness of foreign language acquisition and encourage students' professional competence. Distance learning is based on innovative technologies/methods of teaching a foreign language, which makes it possible to build a virtual educational environment inclusive of new forms and methods of learning, making the learning process and all its components and structures more flexible and person-centered.

**Keywords:** distance learning, virtual educational environment, interactive learning technologies, professional and personal development, computerization of education, intelligent learning systems, multimedia systems.

Дистанционное обучение является продуктом процесса дальнейшего развития и совершенствования компьютеризации образования как на теоретическом, так и на практическом уровне, когда появление новых возможностей хранения, обработки и представления информации в виде средств мультимедиа, гипертекста и глобальных информационных сетей, предельное упрощение форм взаимодействия человека с электронными устройствами, расширение спектра возможностей работы со звуковой и текстовой информацией привело к организации этой инновационной формы профессионального образования всех уровней.

Дидактический потенциал дистанционного обучения (ДО) иностранным языкам может быть реализован наиболее эффективным образом с учетом психолого-педагогических, лингвистических и лингводидактических положений, к которым относятся гуманистическая концепция, коммуникативно-деятельностный подход, педагогическое взаимодействие и сотрудничество преподавателя и студента, опора на идеи развивающего и лично-ориентированного обучения.

На основе интеграции новейших технологических возможностей компьютерных форм обучения с современными тенденциями в обучении/изучении иностранных языков ДО предоставляет возможности для формирования лингвопрофессиональной компетенции личности студента, владеющей основами межкультурного делового общения на основе широкого спектра средств презентации лингвострановедческой, культурологической и социопсихологической информации и моделирования стратегий поведения в различных профессиональнозначимых ситуациях межкультурного общения [1].

Понятие ДО по своему происхождению и употреблению связывается с компьютерными или информационными, имитационными моделями учебной деятельности и субъектами, что представляет собой обычно соединение компьютерной графики и других мультимедийных технологий с взаимодействием в системе "человек - компьютер". С помощью виртуальной среды ДО субъекты учебной деятельности обретают реальное существование друг для друга. Компьютерная среда, как никакие другие средства до сих пор, способна быть не только средством коммуникации для передачи информации, но и транслятором некоторых важных личностных характеристик субъектов общения.

В формате ДО субъектами учебной деятельности выступают преподаватель и студент, а техническими средствами осуществления этой деятельности – электронная почта, веб-семинары, диалоги в режиме он-лайн и т.д.

Основной упор в ДО делается на самостоятельную внеаудиторную работу студента, не связанную жестким временным регламентом учебного расписания. Учебные программы и модульные варианты готовит преподаватель. Характерной особенностью такой среды является территориальная удаленность преподавателей и студентов, но тем не менее они имеют возможность поддерживать виртуальные учебные и рабочие контакты при помощи сайтов.

Дистанционное обучение – это обучение без границ. Оно дает возможность получать образование жителям удаленных регионов, где нет высших учебных заведений совсем, а если имеются, то другого профиля. Качество высшего образования и наличие опытного профессорско-преподавательского состава тоже играют важную роль при выборе профильного вуза.

Спецификой ДО является лично-ориентированная направленность на удовлетворение профессионально-образовательных потребностей обучаемого,

благодаря мобильной, виртуальной форме обучения, с одной стороны, а с другой-социокультурные и инновационные преобразования в обществе невозможны без развития и освоения новых компетенций, что также требует высокой профессиональной подготовки или получения качественного высшего образования.

Основные принципы ДО: организация и осуществление интерактивного общения между обучающимся и обучающим в автономном режиме и самостоятельное освоение заданной номенклатуры учебных модулей по выбранному курсу [2].

Главной проблемой развития дистанционного обучения является создание новых методов и технологий обучения, отвечающих телекоммуникационной среде общения с использованием целевых Интернет-ресурсов. Среда становится местом субъектной деятельности, когда учащийся выступает уже не как объект, пассивно потребляющий информацию, а как субъект учебной деятельности и создает собственное понимание предметного содержания обучения иностранному языку.

Содержание дистанционного обучения студентов иностранному языку, адекватное выдвигаемой цели, должно включать в себя следующие взаимосвязанные компоненты:

- страноведческие знания, отражающие социокультурную картину страны/стран изучаемого языка; эти знания включают сведения об истории, географии, государственном строе, экономике, политике, этническом составе населения, политических партиях и религиях в стране/странах изучаемого языка, о национальной символике, культурных ценностях, национальных государственных и семейных праздниках и традициях и др.;

- знание номенклатуры периодических изданий и в первую очередь профессионально значимых, публикуемых в стране/странах изучаемого языка;

- знание содержания и характеристик таких понятий, как устное и письменное речевое общение, интенция (коммуникативное намерение), коммуникативная задача, текст, функционально-стилистические разновидности текстов, их логико-композиционная и логико-смысловая структура;

- уточненные/откорректированные знания разноуровневых способов реализации понятий в родном языке обучаемых - понятий о частях речи, членах предложения, словоформах/словосочетаниях/конструкциях, структуре простых и сложных предложений, средств связи в предложении и в тексте и др.;

- знание национально-культурологических норм социокультурного поведения и владения ими, знание речевого этикета и ритуала общения на изучаемом языке, тем-табу, паралингвистических аспектов общения;

- знание национальных особенностей характера потенциального собеседника - представителя страны/стран изучаемого иностранного языка;

- умения устного и письменного общения на родном языке;

- учебные (компенсирующие) умения: работа со словарями различных типов, грамматическими справочниками, энциклопедическими изданиями и др.

Традиционная модель обучения должна трансформироваться в новую модель, основанную на следующих положениях: личностно-ориентированная технология обучения; суть технологии - развитие когнитивных способностей в образовательной деятельности, студент-субъект процесса обучения; в основе учебной деятельности - педагогическое взаимодействие и сотрудничество.

В отечественной и зарубежной теории и практике ДО выделяют следующие отличительные особенности:

1. «Гибкость». Обучающиеся самостоятельно планирует и организует учебную деятельность, составляют собственный график занятий, определяют количество времени, необходимое для успешного освоения выбранного модуля дисциплины.

2. «Модульность». Учебные программы ДО построены по модульному принципу. Это позволяет формировать учебный план, отвечающий индивидуальным или групповым потребностям студентов.

3. «Параллельность». Обучение не препятствует трудовой деятельности.

4. «Удаленность». Расстояние от места нахождения учебного заведения и обучающегося (при условии стабильной работы Интернета) не оказывает негативного влияния на учебный процесс.

5. «Асинхронность». Подразумевает тот факт, что в процессе обучения преподаватель и студент работают по своим индивидуальным графикам.

6. «Вовлечение». Этот параметр иногда определяют как «массовость». Количество обучающихся не является критической величиной.

7. «Рентабельность». Под этой особенностью подразумевается экономическая эффективность ДО как для самого студента, так и для учебного заведения.

8. «Преподаватель». Определяется новый формат деятельности преподавателя.

9. «Обучающийся». Предъявление новых требований к обучающемуся.

10. «НИТ» (Новые информационные технологии). В ДО применяется широкий спектр информационных технологий, но преимущественно новые мультимедийные технологии, средствами которых являются компьютеры, компьютерные сети, мультимедийные системы и т.д.

11. «Социальность». ДО нивелирует социальную напряженность, обеспечивая равную возможность получения образования независимо от места проживания и материального положения.

12. «Интернациональность». При наличии мультязычных образовательных программ ДО обеспечивает удобную возможность экспорта и импорта образовательных услуг [3].

В условиях пандемии коронавируса и сложной санитарно-эпидемиологической обстановки в стране, а также во исполнение Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14 марта 2020 г. №397 Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им.И.И.

Ползунова» перешел на дистанционную форму обучения во II полугодии 2019-2020 учебного года.

В практике вуза использовался формат ДО, связанный с работой в едином информационном пространстве вуза и представленный сайтами «Личный кабинет преподавателя АлтГТУ» и «Рабочее место преподавателя АлтГТУ», на которых выкладывались задания для студентов, указывался учебно-методический материал, сроки выполнения заданий, формы и виды текущего и промежуточного контроля усвоения модулей учебного материала. Обратная связь с обучающимся осуществлялась при помощи электронной почты. Однако из-за невозможности реализации вербального диалога между преподавателем и студентами, принятого в традиционной форме обучения, педагогический эффект не достигался в полной мере.

Практика применения ДО показала, что современные информационно-коммуникационные технологии и доступ к Интернет-ресурсам предоставляют широкие возможности их использования в системе высшего образования. Они открывают новые перспективы преподавания, обучения и мониторинга знаний, стирая временные и территориальные барьеры как для студентов, так и для преподавателей, но вместе с тем требуют постоянного совершенствования, чтобы максимально индивидуализировать и оптимизировать процесс обучения иностранному языку и готовить специалистов с адекватным уровнем иноязычной компетенции.

#### Список литературы

1. Жарова Е.Е. О дальнейшем внедрении мультимедийных средств обучения в образовательный процесс на кафедре иностранных языков Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина / Е.Е. Жарова // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2011. - №4. – С. 41-46.
2. Осипова Л.Б., Горева О.М. ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ВУЗЕ: МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=14612> (дата обращения: 08.10.2020).
3. Водолад С. Н., Зайковская М. П., Ковалева Т. В., Савельева Г. В. Дистанционное обучение в вузе // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2010. №1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/distantcionnoe-obuchenie-v-vuze> (дата обращения: 08.10.2020).





Научное издание

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ,  
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Материалы X Всероссийской научно-практической конференции

16-17 октября 2020 г.

Редактор Е.Ф. Изотова

Подписано в печать 08.12.20. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 16,81. Тираж 100 экз. Заказ 201737. Рег. № 18.

Отпечатано в ИТО Рубцовского индустриального института  
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.