

Молодой исследователь Дона

Технические науки / Физико-математические науки / Гуманитарные науки / Биологические науки / Социально-экономические и общественные науки / Медиакоммуникации





Молодой исследователь Дона

Теоретический и научно-практический журнал (издается с 2016 г.)

eISSN 2500-1779

Том 10, № 2, 2025

Журнал создан в целях обеспечения современного качества образования на основе сохранения его фундаментальности и соответствия актуальным потребностям личности, общества и государства. Издание призвано способствовать укреплению, расширению целостного научно-информационного пространства России и успешной интеграции его в мировое научное информационное пространство.

В журнале публикуются научные статьи по:

- *техническим наукам;*
- *физико-математическим наукам;*
- *гуманитарным наукам;*
- *биологическим наукам;*
- *социально-экономическим и общественным наукам;*
- *медиакommunikации.*

<i>Индексация:</i>	РИНЦ, CyberLeninka, РГБ
<i>Наименование органа, зарегистрировавшего издание</i>	Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-66530 от 21.07.2016 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
<i>Учредитель и издатель</i>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
<i>Периодичность</i>	6 выпусков в год
<i>Адрес учредителя и издателя</i>	344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
<i>E-mail</i>	spu-10.2.3@donstu.ru
<i>Телефон</i>	+7 (863) 2–738–508
<i>Сайт</i>	https://mid-journal.ru
<i>Дата выхода в свет</i>	20.04.2025



Редакционная коллегия

Главный редактор, Месхи Бесарион Чохоевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

выпускающий редактор, Комахидзе Манана Гивиевна, кандидат химических наук, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

заместитель главного редактора, Прокопенко Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

ответственный секретарь, Шевченко Надежда Анатольевна, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Тамаркин Михаил Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Марчук Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, Институт сферы обслуживания и предпринимательства, филиал ДГТУ (Российская Федерация);

Языев Батыр Меретович, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Соловьёв Аркадий Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова (Симферополь, Республика Крым);

Айзикович Сергей Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Заковоротный Вилор Лаврентьевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Наседкин Андрей Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Карапетянц Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Пахомов Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Лаврентьев Анатолий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Булыгин Юрий Игоревич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Шуйский Анатолий Иванович, кандидат технических наук, доцент, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Пицулина Виктория Владимировна, доктор архитектуры, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Сухинов Александр Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Пожарский Дмитрий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Павлов Игорь Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Симонян Татьяна Владимировна, доктор экономических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Минасян Лариса Артуровна, доктор философских наук, профессор Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Рудская Елена Николаевна, кандидат экономических наук, доцент, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Исакова Юлия Игоревна, доктор социологических наук, кандидат юридических наук, доцент, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Муругова Елена Валерьевна, доктор филологических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Дружба Ольга Владимировна, доктор исторических наук, профессор Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Бондаренко Тамара Алексеевна, доктор философских наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Тазаян Араван Бабкенович, доктор философских наук, профессор Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Морозова Ольга Михайловна, доктор исторических наук, профессор Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Абросимова Нина Акоповна, доктор биологических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Пономарева Елена Николаевна, доктор биологических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Пономарев Сергей Владимирович, доктор биологических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Солодовник Любовь Владимировна, доктор философских наук, кандидат социологических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация).

Содержание

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Имитационная модель помехоустойчивого канала связи <i>Т.А. Исакова</i>	5
Сравнение технических характеристик высокочастотного и оптического каналов в задаче организации связи между энергообъектами электрических сетей <i>Д.А. Данилин, В.Э. Левчук</i>	11
Анализ основных режимов нейтрали распределительных сетей 6–35 кВ с использованием моделирования однофазных замыканий <i>В.А. Шишкалов, В.Э. Левчук</i>	17
Динамический анализ печатного узла <i>Б.Н. Даулов, А.И. Кузнецов</i>	23
Обзор платформ для обучения программированию: функциональные возможности, методы автоматизированной проверки и безопасность выполнения кода <i>Д.В. Голосуев, В.В. Долгов</i>	29
Изучение патентных решений в области испытательных стендов для рабочих органов молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов <i>Ф.Ю. Жигайлов, Н.Н. Околелов, А.И. Джаппуев</i>	33
Мониторинг динамики изменений технологических параметров процесса строительства скважины на основе методов искусственного интеллекта <i>А.В. Скуридин</i>	39
Разработка математической модели для оптимизации нагрузки на насосное оборудование группового подземного водозабора <i>М.И. Азнабаев, А.В. Кулешов</i>	46
Разработка захватывающего устройства квадрокоптера <i>К.Н. Щербаков, Д.А. Каменский</i>	56
Модификация мультикоптера для посадки на неровные поверхности <i>Д.А. Каменский</i>	60
Проблема управления промышленной безопасностью на нефтепроводах: проектирование систем обнаружения утечек сырья <i>Яворский Д.И.</i>	63
Система управления охраной труда: разработка мобильного приложения для оценки условий труда <i>Кесьян Э.Г.</i>	67
Обзор систем управления испытательным стендом <i>В.П. Федичкина, К.С. Талызина, В.И. Симоненко</i>	72
Оценка стеганографических методов сокрытия информации <i>Э.Г. Товмасян, Н.А. Галичев, Д.А. Штепа, И.А. Алферова</i>	77
Проблема нефтяного загрязнения водной среды: разработка фильтров для очистки <i>С.Ф. Баранник</i>	82
Текущие исследование безопасности и эффективности коллаборативных роботов <i>Д.Д. Овчинникова</i>	86
Технологии восстановления лопаток компрессоров газотурбинных двигателей <i>Хашир Мохаммед Рияд Хашир, А.С. Решенкин</i>	90

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Роль мифологических терминов в формировании ветеринарной терминологии <i>Е.А. Николаева</i>	95
Лингвокультурологический анализ особенностей внутриигрового дискурса русско-, англо-, испано- и арабговорящих сообществ World of Tanks Blitz <i>В.В. Дудка, М.А. Кужелев</i>	98
Social Networks as a Tool for Teaching English in Non-Linguistic Universities <i>Anastasia A. Slavko, Anna Yu. Shvetsova</i>	102
The Problem of Selecting the Material for Teaching Foreign Students the Language of the Specialty <i>Valeriya K. Sedova, Anna Y. Shvetsova</i>	105
Библеизмы в образовательном процессе. Роль педагога в их интерпретации <i>М.В. Павлова, Л.В. Чунахова</i>	109
Прием игры слов в англоязычных произведениях детективного жанра <i>С.А. Фролова, Л.В. Чунахова</i>	112

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Основные подходы к оценке эффективности деятельности современной организации <i>Е.А. Заиченко, Т.Н. Тухканен</i>	115
Анализ российского рынка электротехнической продукции <i>К.А. Бармута, И.И. Софьянникова</i>	120

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.1996

Имитационная модель помехоустойчивого канала связи

Т.А. Исакова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассматривается проблема повышения надежности передачи информации в условиях наличия помех в каналах связи. Целью работы является построение имитационной модели помехоустойчивого канала связи. Предложена имитационная модель помехоустойчивого канала связи, которая включает механизмы восстановления данных. Приведены основные математические модели каналов связи: двоичный симметричный канал и источники помех. Описан процесс моделирования канала связи, а также проведен анализ эффективности различных кодеков в зависимости от параметра источника ошибок. Данная статья подчеркивает новизну подхода к адаптивному выбору кодеков для повышения помехоустойчивости и применимости модели в реальных условиях.

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, имитационная модель, канал связи, код Хэмминга, код Рида-Маллера, двоичный симметричный канал, корреляция ошибок, источники помех, цифровая связь, аддитивный шум

Для цитирования. Исакова Т.А. Имитационная модель помехоустойчивого канала связи. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):5–10.

Simulation Model of a Communication Channel with Immunity to Interference

Tatyana A. Isakova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article investigates the problem of improving reliability of data transmission in conditions of interference presence in communication channels. The research objective is to create a simulation model of a communication channel with immunity to interference. A simulation model of such a channel, which includes the data recovery mechanisms, has been proposed. The main mathematical models of communication channels have been provided: binary symmetric channel and interference sources. The process of modeling a communication channel has been described, and efficiency of various codecs depending on the error source parameter has been analysed. The article highlights the novelty of adaptive selection of codecs, which contributes to improving the interference immunity and applicability of the model in real conditions.

Keywords: error control coding, simulation model, communication channel, Hamming code, Reed-Muller code, binary symmetric channel, error correlation, interference sources, digital communication, additive noise

For Citation. Isakova TA. Simulation Model of a Communication Channel with Immunity to Interference. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):5–10.

Введение. В век компьютерных технологий информация представляет собой ценнейший ресурс. Её особенностью как ресурса является, в частности, то, что в некоторых ситуациях при потере даже небольшой части передаваемой информации вся остальная её часть может оказаться бесполезной. При этом существует множество факторов, которые могут помешать корректной передаче информации по различным каналам связи. Например, при передаче данных в виде радиосигнала помехи могут быть вызваны атмосферными явлениями, а при передаче электронных сигналов по проводам — воздействием высокочастотных помех от внешних источников.

В связи с этим встает вопрос о создании механизмов защиты от помех, а также разработки способов восстановить информацию, если помехи всё же попали в канал связи. Однако даже при использовании самых совершенных методов защиты не может быть стопроцентной гарантии, что помехи все же не появятся и не исказят информацию. Поэтому в любом канале связи актуальна реализация алгоритмов и методов восстановления

исходной информации при попадании в неё ошибок в процессе передачи. Разнообразные механизмы такого рода применяются в каналах связи самого разного вида. Учитывая, что источники помех могут иметь различный характер, алгоритмы реализации помехоустойчивой защиты не универсальны и могут различаться в зависимости от ситуации. Целью статьи является построение имитационной модели канала связи.

Основная часть. Помехоустойчивое (канальное, избыточное, корректирующее) кодирование используется для выявления и исправления ошибок, возникающих при передаче данных через канал связи. Теория помехоустойчивого кодирования берет свое начало в исследованиях, выполненных Клодом Шенноном [1]. В своем фундаментальном труде он сформулировал теорему, согласно которой для любого дискретного канала с шумами существует такой код, который позволяет передавать информацию с вероятностью ошибки, стремящейся к нулю. Однако это условие выполняется лишь в том случае, если скорость передачи данных не превышает пропускную способность данного канала.

Одним из ключевых аспектов повышения помехоустойчивости является введение избыточности в передаваемую информацию. Этот подход основан на применении специально выбранного подмножества кодовых комбинаций из всего возможного множества, что позволяет значительно снизить вероятность возникновения ошибок при передаче. Такие коды называются избыточными или корректирующими, поскольку они предназначены для обнаружения и исправления ошибок, возникающих в процессе передачи данных. Их характеристики определяются множеством параметров, включая длину кодового слова, число разрядов и степень избыточности. Внедрение подобных кодов позволяет минимизировать вероятность искажения информации и повысить надежность передачи в условиях воздействия помех. Процесс целенаправленного увеличения информационной избыточности с целью повышения устойчивости к внешним помехам называется помехоустойчивым кодированием. Процесс, противоположный кодированию, называется декодированием, в ходе которого исходные данные восстанавливаются из полученного кодового слова, даже если в нём присутствуют ошибки. Одним из важнейших достоинств методов помехоустойчивого кодирования является способность снижать влияние помех за счет усреднения шумовых искажений. Данный эффект достигается благодаря тому, что дополнительные биты формируются на основе информации сразу о нескольких символах передаваемого сообщения [2]. В современных цифровых системах связи процессы кодирования и декодирования реализуются специализированными аппаратными или программными модулями, известными как кодеры и декодеры. Их использование позволяет значительно повысить надежность передачи данных. Состав цифровой системы связи представлен на рис. 1.

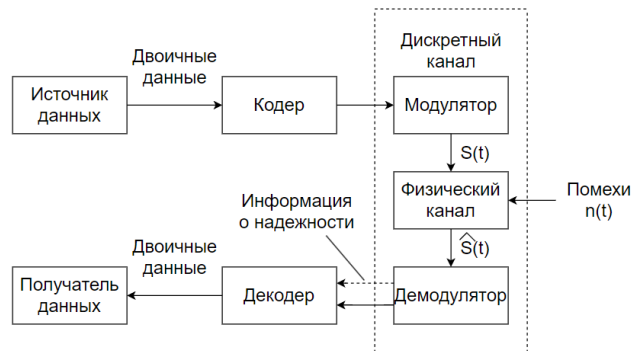


Рис. 1. Состав цифровой системы связи

Помехоустойчивый код отличается от простого тем, что в канал передаются лишь определенные комбинации кодов, соответствующие заданным критериям. Из всего множества возможных кодовых последовательностей выделяются допустимые, которые выбираются на основе заданных характеристик. Именно эти комбинации используются для передачи данных через канал связи. Для двоичного кода всё множество комбинаций равно 2^n , где n — количество разрядов в кодовом слове. Этот массив разделяется на два: разрешённый и запрещённый. Эти массивы хранятся как в передатчике, так и в приёмнике сообщения. Имитационное моделирование основывается на предварительном создании математической модели исследуемого объекта. Одни и те же реальные каналы могут быть описаны разными математическими моделями в зависимости от исследуемых характеристик. Реальные каналы связи обладают разнообразными свойствами, зависящими от множества факторов, что делает их математическое моделирование весьма сложным.

При анализе различных подходов к проектированию систем связи и прогнозированию их параметров без проведения непосредственных экспериментов особое значение приобретает учёт характеристик каналов, через которые передается информация. Для того чтобы обеспечить точное представление о таких каналах, используются

их математические модели, позволяющие оценить основные параметры и спрогнозировать возможные искажения при передаче данных. При этом важно понимать разницу между полной моделью канала и его упрощённым описанием. Частичное описание охватывает лишь определенные характеристики, которые актуальны в конкретных условиях для узкого круга задач. Полноценная же модель канала должна учитывать все ключевые аспекты передачи сигнала. К основным требованиям, предъявляемым к таким моделям, относят удобство их применения и соответствие реальным экспериментальным данным. Однако из-за высокой сложности реальных каналов связи добиться одновременно и высокой точности, и простоты использования бывает затруднительно. Поэтому при разработке моделей приходится искать баланс между детализацией и практической применимостью. В общем случае модель реального канала можно выразить в виде математического описания сигналов, поступающих на вход, сигналов, выходящих из канала, а также взаимосвязей между ними. Глубокий анализ внутренних процессов при этом, как правило, не является необходимым [3]. Далее будут представлены основные модели канала связи.

Одной из наиболее простых и широко используемых моделей является двоичный симметричный канал (ДСК), графическое представление которого приведено на рис. 2. Данная модель используется для характеристики передачи данных при двоичной модуляции в условиях случайных помех. В такой системе выходной сигнал формируется как сумма входного сигнала, шумовой составляющей и результата обработки демодулятором. Именно это позволяет учитывать возможные искажения в процессе передачи информации.

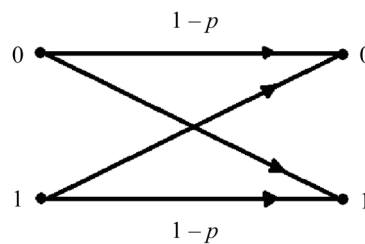


Рис. 2. Двоичный симметричный канал

Характеристики ДСК описываются с помощью вероятностных величин, определяющих вероятность того, что на выходе канала будет получен определенный символ Y при передаче входного символа X . Вероятности для ДСК определяются следующим соотношением:

$$P(Y = 0 | X = 0) = P(Y = 1 | X = 1) = 1 - p,$$

где p — средняя вероятность искажения символа.

Любой физический канал связи подвержен помехам. Их влияние на точность и целостность передачи информации может иметь разный характер, такой как внесение единичных помех или каскадов ошибок. В качестве кодеров и декодеров рассмотрим алгоритмы, такие как код Хэмминга, код с повторением и код Рида-Маллера. Код Хэмминга является самоконтролирующимся и самокорректирующимся. Это значит, что код может самостоятельно корректировать одиночные ошибки и находить двойные ошибки [4]. В процессе использования таких кодов информация передается блоками фиксированной длины, причем каждый блок подвергается процедурам кодирования и декодирования независимо от остальных. В каждом блочном коде символы делятся на два типа — информационные и проверочные. Код Хэмминга способен исправлять по одной ошибке в каждом слове. Основным параметром кода Хэмминга является величина r , от которой зависят следующие характеристики: n — общее число символов в кодовом слове, а k — количество информационных символов. Эти параметры рассчитываются следующим образом:

$$\begin{aligned} n &= 2^r - 1, \\ k &= 2^r - 1 - r. \end{aligned}$$

Это означает, что каждое кодовое слово включает k информационных и r проверочных символов. Для каждого количества проверочных символов r существует стандартная разновидность кода Хэмминга с определенной маркировкой. В случае, если значение отличается от стандартных параметров, применяется усеченный вариант кода. Например, в международной системе телеграфного кодирования МТК-2 используется код с параметрами $k = 5$. Для него используется код Хэмминга, представляющий собой укороченную версию классического кода.

Код с повторением — это один из наиболее простых в реализации помехоустойчивых кодов, характеризующийся высокой избыточностью и зависящий от одного параметра n , определяющего количество повторений каждого символа. Данный параметр должен быть больше 2. Принцип кодирования заключается в том, что каждый символ кодируемой последовательности дублируется n раз, что позволяет гарантированно исправлять до $\lfloor n/2 \rfloor - 1$ ошибок в каждом кодовом слове. В результате кодирования образуется лишь два кодовых слова: одно состоит из n нулей, а другое — из n единиц. При этом первый символ в кодовом слове играет роль информационного, тогда как остальные символы выполняют функцию проверочных битов. Все проверочные символы идентичны информационному биту, обеспечивая простоту декодирования и высокую устойчивость к одиночным ошибкам.

Алгоритм работы декодера заключается в анализе поступившей кодовой последовательности. Он вычисляет количество нулей и единиц, содержащихся в кодовом слове. Если число нулей превышает количество единиц, декодер интерпретирует бит как 0. В противоположной ситуации, когда единиц больше, принимается значение 1 [5]. В случае равенства количества нулей и единиц фиксируется ошибка декодирования, либо результирующий бит определяется случайным образом, в зависимости от реализации алгоритма.

Такой метод позволяет корректно декодировать данные, если количество ошибок в кодовом слове не превышает половины его длины. Если же шум в канале затрагивает ровно половину символов, декодер оказывается неспособен однозначно определить исходный бит. При превышении этого порога возрастает вероятность ошибочного декодирования, поскольку принимаемое значение не соответствует изначально переданной информации. Однако, если ошибки в канале случаются редко, вероятность отказа или неверного декодирования для кода с повторением значительной длины остается минимальной.

Код Рида–Маллера обозначается как $RM(r, m)$. Его параметрами являются два числа r и m , такие что $m \geq r \geq 0$. R — порядок кода, 2^m — длина кода. Как и во многих других алгоритмах кодирования, кодовое слово строится путём умножения информационного слова на порождающую матрицу.

Коды Рида–Маллера можно условно разделить на коды 0-го, 1-го и r -го порядка в зависимости от используемого параметра r . Самый простой случай — коды нулевого порядка. В этом случае порождающая матрица кода $RM(0, m)$ порядка 0, обозначаемая $G_{0,m}$, является строкой из 2^m единиц. Кодовое слово при этом должно иметь длину 1, а кодовым словом будет вектор, состоящий из 2^m бит, полностью состоящий битов информационного слова — из нулей или единиц. Декодирование при этом происходит способом, аналогичным декодированию кода с повторением. Такое кодирование обладает большой избыточностью, так как на каждый бит информационного слова будет приходиться 2^m кодового слова.

Коды Рида–Маллера первого порядка формируются с использованием порождающей матрицы G , содержащей m строк и 2^m столбцов. При этом каждый столбец соответствует двоичному представлению его порядкового номера. В качестве примера ниже приведена порождающая матрица G для кода Рида–Маллера 1-го порядка $G_{1,4}$:

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Строки матрицы G_1, m являются линейно независимыми. Доказать это можно, построив квадратную матрицу из столбцов, в каждом из которых количество единиц меньше 3. Для случая $m = 4$ такая матрица размещена ниже. Все столбцы этой матрицы, очевидно, линейно независимы.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Коды Рида–Маллера порядка r — общий случай при случайно взятом $r \leq m$ [6]. Порождающая матрица $G_{r,m}$, строится сверху вниз и имеет размер $k \cdot 2^m$. Т.е. код $RM(r, m)$ состоит из 2^k слов.

Для моделирования канала связи необходимо имитировать источник помех, который вносит ошибки в передаваемое сообщение. Так как характер появления ошибок различен в зависимости от физической природы канала связи и условий передачи сообщения, для имитации реального характера появления ошибок требуется использования различных алгоритмов, которые имитируют появление ошибок в реальных каналах связи. Далее будут представлены модели источников ошибок, использованные при реализации программного обеспечения в рамках данной дипломной работы. Для описания источника ошибок будет использована следующая схема [7].

Рассмотрим двоичный симметричный стационарный канал с идеальной синхронизацией, который может находиться в одном из K несовместных состояний. Пусть ε_j — вероятность ошибки в состоянии j . Считается, что последовательность состояний канала c_j является простой цепью Маркова. Поэтому статистика ошибок полностью задаются матрицей переходных вероятностей P цепи Маркова, представленной далее, и значениями вероятностей ошибок в каждом из состояний.

$$P = \|p_{i,j}\| = \begin{pmatrix} p_{0,0} & p_{0,1} & \cdots & p_{0,K-1} \\ p_{1,0} & \cdots & \cdots & p_{1,K-1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{K-1,0} & p_{K-1,1} & \cdots & p_{K-1,K-1} \end{pmatrix}.$$

Вероятность ошибки в канале вычисляется с использованием следующей формулы:

$$p_{er} = \sum_{c=0}^{K-1} P_c \varepsilon_c,$$

где P_c — финальные вероятности состояний, которые однозначно определяются по матрице P .

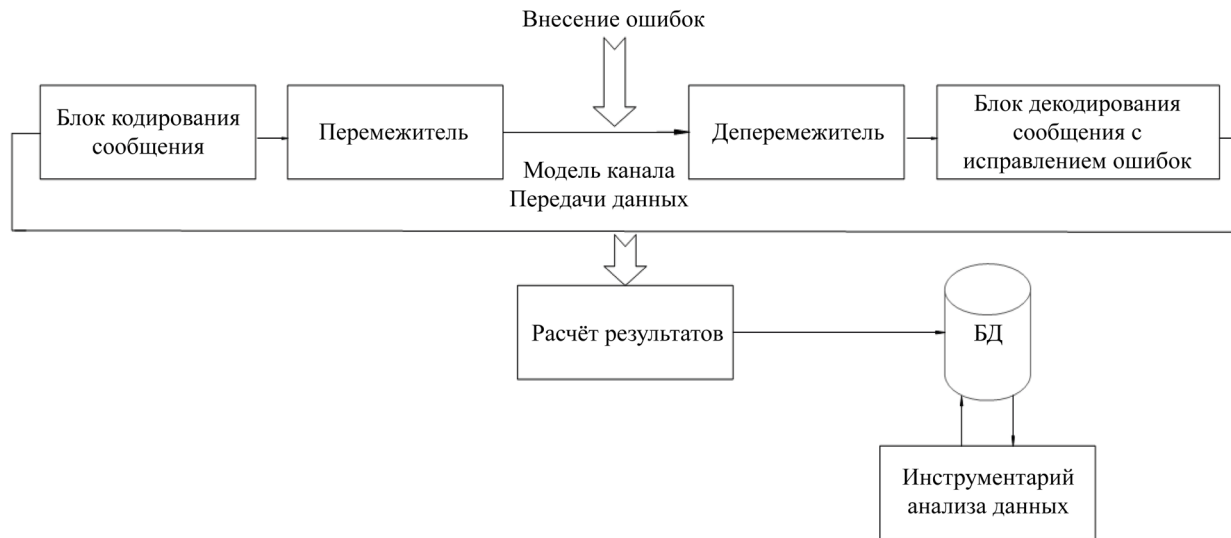


Рис. 3. Общая схема работы имитационной модели канала связи

Заключение. Имитация канала связи представляет собой модуль, который вносит ошибки в закодированное сообщение в соответствии с выбранным алгоритмом для источника ошибок. Для успешной работы имитации канала необходимо заранее установить параметры источника ошибок. Декодирование принятого сообщения с ошибками, возникающими в результате имитации канала связи, осуществляется с помощью алгоритмов помехоустойчивого кодирования. При этом применяются те же алгоритмы, которые использовались для кодирования, однако в обратной последовательности. В результате процесса декодирования происходит исправление ошибок, эффективность которого напрямую зависит от характеристик источника ошибок, его параметров, выбранного каскада кодеков и параметров каждого из них.

Модуль работы с базой данных обеспечивает сохранение полученных результатов в базе данных и предоставляет возможность вывода результатов экспериментов по имитационному моделированию канала связи для выбранного канала, если такие эксперименты были проведены. Кроме того, он позволяет выбрать наиболее эффективный кодек на основании одного из следующих критериев: процент исправленных ошибок, скорость кодирования, скорость декодирования и увеличение размера файла в процессе кодирования.

Таким образом, совокупность данных компонентов создает полноценную имитационную модель канала связи, а также предоставляет возможность решать задачи по подбору наиболее эффективного кодека для выбранного канала связи и изучать свойства выбранного кодека.

Список литературы

1. Гуменюк А.С. *Теория информации и кодирования*. Омск: Омский государственный технический университет; 2015. 123 с.
2. Владимиров С.С. *Математические основы теории помехоустойчивого кодирования*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича; 2016. 96 с.
3. Кловский Д.Д. (ред.), Зюко А.Г., Назаров М.В. Коржик В.И. *Теория электрической связи*. Москва: Радио и связь; 1999. 432 с.
4. Назаренко Ю.Л., Гудзя Е.П., Середы Е.Р., Черкесовой Л.В. Исследование влияния параметров кодов Хэмминга на исправляющую способность в каскадных кодах. *European Science*. 2017;(28):1–4.
5. Берлекэмп Э. *Алгебраическая теория кодирования*. Москва: Мир; 1971. 477 с.
6. Иванюк А.А., Мусин С.Б. *Специальные главы высшей математики: теория помехоустойчивого кодирования*. Минск: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; 2007. 32 с.
7. Деундяк В.М., Могилевская Н.С. *Математическое моделирование источников ошибок цифровых каналов передачи данных*. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет; 2006. 96 с.

Об авторе:

Татьяна Александровна Исакова, студент кафедры кибербезопасности информационных систем Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), isakovatttt@yandex.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Tatyana A. Isakova, Student of the Cybersecurity of Information Systems Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), isakovatttt@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.31:621.3

98:621.3.091

Сравнение технических характеристик высокочастотного и оптического каналов в задаче организации связи между энергообъектами электрических сетей

Д.А. Данилин¹, В.Э. Левчук^{1,2}

¹ Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

² Филиал ПАО «Россети» – Ростовское ПМЭС, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрены два основных варианта организации технической связи между объектами электрической сети — по высокочастотному и оптоволоконному каналам. Публикация содержит общее описание организации этих двух методов связи, а также перечень технических требований, предъявляемых к каждому из них. Кроме того, представлены расчеты затухания сигнала для обоих способов связи. Проведено детальное аналитическое сравнение рассматриваемых технических решений, на основе которого сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: высокочастотный канал, ВЧ-канал, оптоволоконный канал, ВОЛС, канал связи, затухание сигнала

Для цитирования. Данилин Д.А., Левчук В.Э. Сравнение технических характеристик высокочастотного и оптического каналов в задаче организации связи между энергообъектами электрических сетей. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):11–16.

Solving the Problem of Organising Communication between Electric Network Facilities by Comparing Technical Parameters of the High-Frequency and Optical Channels

Dmitry A. Danilin¹, Vladimir E. Levchuk^{1,2}

¹ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

² Branch of PJSC “Rosseti”, Rostov Enterprise of Main Electric Networks, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies two main options for organising technical communication between electric network facilities: using the high-frequency and fiber-optic channels. The paper provides general description for organising communication using these two methods, as well as a list of technical requirements for each of them. Moreover, calculations of signal attenuation for both communication methods have been presented. The detailed comparative analysis of the technical solutions under study has been made, and its results served the grounds for drawing the conclusions.

Keywords: high frequency channel, HF-channel, fiber-optic channel, fiber-optic communication line (FOCL), communication channel, signal attenuation

For Citation. Danilin DA, Levchuk VE. Solving the Problem of Organising Communication between Electric Network Facilities by Comparing Technical Parameters of the High-Frequency and Optical Channels. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):11–16.

Введение. Современная электроэнергетика представляет собой обширную отрасль, которая охватывает как технические аспекты, так и географические размеры. Она включает в себя производства электроэнергии различными электростанциями, передачу энергии посредством кабельных и воздушных линий через распределительные подстанции, а также потребление как промышленными предприятиями, так и частными потребителями. Одной из ключевых проблем этой отрасли является организация связи.

Эффективная связь между объектами электроэнергетической сети необходима не только для осуществления оперативных переговоров, но и для функционирования ряда систем, используемых в электрической сети, а также ее отдельных элементов. В этой связи в электроэнергетике принято классифицировать каналы связи в соответ-

ствии с их функциональным назначением и предъявляемыми требованиями. Основные категории включают голосовую связь (диспетчерская и телефонная связь), передачу данных (АСУТП, телемеханика, АИИС КУЭ) и организацию работы систем релейной защиты и противоаварийной автоматики (передача дискретных команд и токового сигнала защит).

Каналы связи играют жизненно важную роль в обеспечении бесперебойной работы электрических сетей, что делает их организацию важной задачей в электроэнергетической отрасли. Цель данной работы заключается в сравнении существующих решений по организации связи между подстанциями и электростанциями. Это содержит в себе несколько аспектов, включая: определение способов организации технической связи между энергообъектами электрических сетей; формулирование технических требований к каналам связи; и сравнение различных методов организации каналов связи.

Организация каналов связи. Исторически в электроэнергетике в качестве каналов связи используются высокочастотные каналы или ВЧ-связь. Их организация требует наличия двух основных элементов: ВЧ-тракта, который передает ВЧ-сигнал по имеющимся фазным проводам или грозотросам воздушных линий, а также аппаратуры уплотнения (АУ), которая преобразует информационный сигнал в ВЧ-сигнал и обратно (рис. 1) [1].

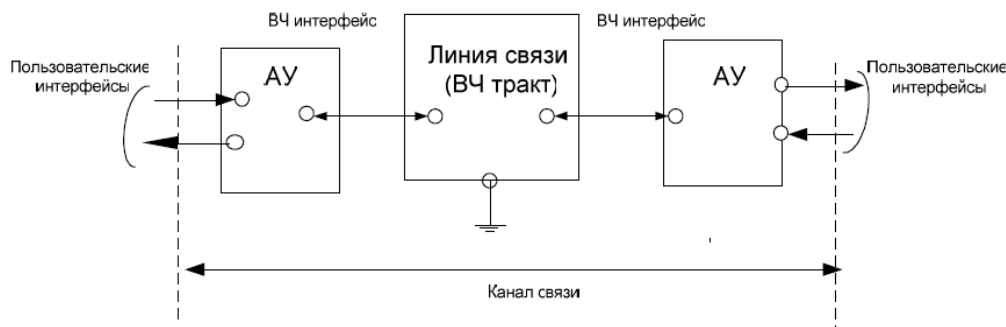


Рис. 1. Схема структуры связи каналов ВЧ-связи на воздушных линиях [1]

Как альтернатива ВЧ-связи в последние десятилетия активно развиваются технологии, основанные на оптическом волокне. Однако система передачи сигналов через оптическое волокно более сложна и требует большего количества элементов, чем ВЧ-связь (рис. 2).

Ключевые компоненты для оптической связи включают в себя:

- оптическое волокно (ОВ) — провод, по которому передаются сигналы в виде световых импульсов;
- систему передачи (СП), в котором происходит процесс сжатия или разбивания электрических сигналов, пригодных для дальнейших операций;
- оборудование сопряжения (ОС), в котором происходит преобразование электрического сигнала (информации) и сигнала для передатчика;
- передатчик (Пер), создающий импульсы света;
- приёмник (Пр) — устройство обратное передатчику, оно фиксирует импульсы света.

Более подробно принцип работы ОВ-связи описан в [3].

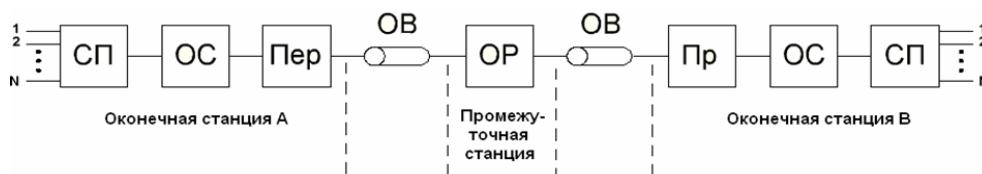


Рис. 2. Структурная схема связи двух станций посредством оптического канала

Технические требования к каналам связи. Согласно источникам [4, 5], к каналам связи обычно предъявляются следующие требования.

Во-первых, скорость передачи сигнала. Для сравнения скорости передачи сигнала берётся количество информации, которую может пропустить система за одну секунду. Для ВЧ-тракта это значение составляет 64 кбит/с, а в случае с ОВ, оно колеблется от 25 гбит/с до 1 Тбит/с. Объём передаваемой информации для ОВ зависит от длины волны самого сигнала и количества модов, то есть одно- или многомодовый канал.

Во-вторых, важным параметром является время задержки сигнала. Длительность задержки сигналов зависит от многих факторов, и для ВЧ-каналов эта величина примерно равна десяткам миллисекунд, в то время как для ОВ-каналов – сотням микросекунд, что указывает на меньшую задержку в случае оптических волокон.

Третьим аспектом является протяженность передачи. Для сравнения протяженности двух структурно различных вариантов передачи сигналов необходимо прийти к общему критерию, который соединит ВЧ-канал и ОВ. В

этом контексте следует рассмотреть аппаратуру УПК-Ц, являющуюся цифровым устройством передачи команд релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА). Она позволяет работать как с ВЧ, так и с ОВ. В техническом паспорте данного оборудования указаны данные для ВЧ варианта, включая выходную мощность передатчика в диапазоне 43–38 дБм и минимальное рабочее отношение сигнал/помеха, равное –2 дБ. На основании этой информации можно предположить, что максимальная предельная протяженность ВЧ-канала может достигать около 280 км при частоте передаваемого сигнала в 100 кГц. В то же время, производитель оптического волокна предоставляет конкретное значение, с которым способен работать данный прибор в одномодовом режиме, и оно составляет около 120 км.

Четвертым критерием является надежность связи. В случае ВЧ-канала можно говорить о высокой надежности, ведь линии электропередачи (ЛЭП), хоть и могут рваться, это происходит довольно редко. Падения опор ЛЭП происходят также крайне редко и зачастую рассматриваются как чрезвычайные происшествия. Рассматривая надежность ОВ, важно учитывать условия прокладки кабеля [2]. Если волокно размещено внутри грозотроса, можно предполагать схожую надежность, как и в случае с ВЧ-каналом. Однако, если провод прокладывается как самостоятельный, его надежность будет зависеть от местности, по которой проходит линия.

Пятым фактором является длительность восстановления связи. В ВЧ-канале находить неисправности проще, так как при выходе из строя канала связи передача энергии до потребителя прекращается. Такая неисправность решается налаживанием соединения между оборванными концами провода или через частичную замену фазного провода. С аналогичными проблемами сталкиваются и в случае грозотроса, через который также может передаваться ВЧ-сигнал. Что касается восстановления ОВ, в случае обрыва провода процесс несколько проще. При прокладке волокна с использованием специального оборудования его оборванные концы могут быть просто спаяны. Однако стоит отметить, что найти обрыв волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) гораздо сложнее, чем на линии ЛЭП.

Наконец, стоимость каналов связи также является важным аспектом. Определить точную стоимость организации того или иного канала довольно сложно, поскольку она зависит от рыночных условий. Однако можно сделать общие выводы: для ВЧ-канала значительную долю составляют устройства силовой части, такие как заградители и фильтры присоединения, в то время как для ОВ-каналов необходим собственный кабель, что делает стоимость зависимой от длины линии, а также оборудование сопряжения.

Также, учитывая особенности ОВ-связи, добавляется требование по информационной безопасности, однако это является отдельной областью исследования, которая в данной работе не рассматривается.

Расчет затухания сигнала. Для максимально близкого сравнения двух способов передачи сигналов — по высокочастотным (ВЧ) и оптическим волокнам (ОВ), при этом используются одни и те же характеристики длины, сечения и марки провода, а также одинаковый класс напряжения в 220 кВ. Расположение фаз на опорах горизонтальное и составляет 80 км.

Расчет затухания сигнала в ВЧ каналах. Горизонтальное расположение фаз обусловлено оптимальным для схемы подключения между средней фазой и землей. Затухание будет рассчитано для частот 100, 150 и 200 кГц. Рассматриваемая воздушная линия (ВЛ) с напряжением 220 кВ не транспонирована и имеет длину 80 км. Фазный провод соответствует типу АС 330/43, а заградители — типу ВЗ 630-0,5/100-200. Минимальное значение сопротивления составляет 650 Ом, а фильтры присоединения имеют параметры ФПМ 3200/76-1000, с сопротивлениями $Z_{фл} = 480$ Ом и $Z_{Л1} = 450$ Ом. ВЧ кабели типа РК-75 имеют длину 100 м каждый по обоим концам линии.

Решение. Сначала определяем частотно зависимую составляющую, используя формулу (1):

$$a_T = \sum_{k=1}^{n_{пл}} a_{вл} + \sum_{k=1}^{2n_{вл}} (a_3 + a_{фп} + a_{каб}) + \sum_{k=1}^{n_{отв}} a_{отв}, \quad (1)$$

где $a_{вл}$ — затухание в воздушной линии; a_3 — затухание в высокочастотном заградителе; $a_{фп}$ — затухание в фильтре присоединения; $a_{каб}$ — затухание соединительного кабеля; $a_{отв}$ — затухание ответвлений; $n_{вл}$ — количество линий; $n_{отв}$ — количество ответвлений.

Коэффициент затухания $a_{мф}$ определяем по (2), принимая во внимание коэффициенты $k_1 = 3,2$ (для провода АС 330), $k_2 = 0,024$ (горизонтальное расположение проводов ВЛ) и $k_3 = k_4 = 1$ (фаза без расщепления):

$$a_{мф} = (k_1 k_3 \sqrt{f} + k_2 k_4 f) 10^{-3}, \quad (2)$$

где f — частота канала.

Затухание линии определяется по формуле (3):

$$a_{\text{ВЛ}} = a_{\text{мф}} l + a_k, \quad (3)$$

где $a_{\text{мф}}$ — коэффициент затухания основной междупазной модальной составляющей, возбуждаемой в тракте при рассматриваемой схеме присоединения, дБ/км; l — длина линии, км; a_k — конечное затухание, учитывающее потери той части энергии передатчика, которая попадает в «земляную» модальную составляющую и, не доходя до приемника, полностью затухает в линии, дБ.

Концевое затухание принимается равным: для схемы фаза-земля — при одноцепной линии — 2,5 дБ и при двухцепной линии — 1 дБ; для схемы фаза-фаза и внутрифазного тракта — 0 дБ.

Затухание ВЧ кабелей, входящих в схему тракта по концам, определяется по (4):

$$\sum a_{\text{каб}} = 0,13 \sqrt{f} l_{\text{каб}}, \quad (4)$$

Для других частот расчет делается аналогично.

Определяем составляющие формулы (1), которые не зависят от частоты.

Затухание ВЧ заградителей, входящих в схему тракта по концам и в месте ВЧ обхода, определяется по (5):

$$\sum a_z = 20 \log \left(1 + \frac{Z_{\text{фп}} Z_{\text{л.т}}}{R_z (Z_{\text{фп}} + Z_{\text{л.т}})} \right), \quad (5)$$

где $Z_{\text{фп}}$ — полное сопротивление фильтра присоединения; $Z_{\text{л1}}$ — полное сопротивление линии; R_z — активное сопротивление заградителя.

Затухание фильтров присоединения, входящих в схему тракта по концам и в месте ВЧ обхода, определяется по (6) при исходных данных $Z_{\text{л}} = 450$ Ом (задано); $Z_{\text{фп}} = 480$ Ом (задано):

$$\sum a_{\text{фп}} = 1 + 20 \log \left(\frac{Z_{\text{фп}} + Z_{\text{л1}}}{2 \sqrt{Z_{\text{фп}} Z_{\text{л1}}}} \right), \quad (6)$$

Затухание заградителей, фильтров присоединения и ответвления можно было бы не определять по соответствующим формулам, как это было сделано выше, а принимать рекомендованные численные значения. В этом случае значение затухания тракта будет несколько отличаться от полученного. Это значение также приведено в сводной таблице 1 с обозначением « a_T ».

Таблица 1

Результатами расчетов примера затухания в ВЧ-каналах

Параметр	Значение рассчитываемого параметра для частот, кГц		
	100	150	200
$a_{\text{мф}}$, дБ/км	0,0344	0,0428	0,0500
$a_{\text{ВЛ}}$, дБ	5,25	5,92	6,5
$\sum a_{\text{каб}}$, дБ	0,26	0,32	0,37
$\sum (a_z + a_{\text{фп}})$, дБ	7,31	7,31	7,31
a_T , дБ	12,82	13,55	14,18
$a_{\text{Т}}$, дБ	14,05	14,72	15,30

Расчет затухания в ОВ. Для примера рассмотрим провод ОВ длиной в 80 км, с длиной волны в $\lambda = 1\,310$ нм, так как это минимальное значение для одномодового провода, согласно [3].

$$A_m = a_m \cdot L, \quad (7)$$

где a_m — зависимость километрического затухания ОВ на км; L — длина линии.

Потери в соединениях подсчитаем, используя для наглядности схему на рис. 3. Потери на сварках взяты гораздо большей величины нормальных значений, так как сварочное соединение может быть некачественным. Это учитывает возможность того, что при монтаже таких сетей могут использоваться сварочные аппараты для локальных линий или вовсе механические соединители типа «fibrlork». В результате имеем:

$$A_{\text{пот}} = A_{\text{нс}} + A_{\text{рс}}, \quad (8)$$

где $A_{\text{нс}}$ — потери сварного соединения волокна; $A_{\text{рс}}$ — потери механического соединения волокна (коннектор).

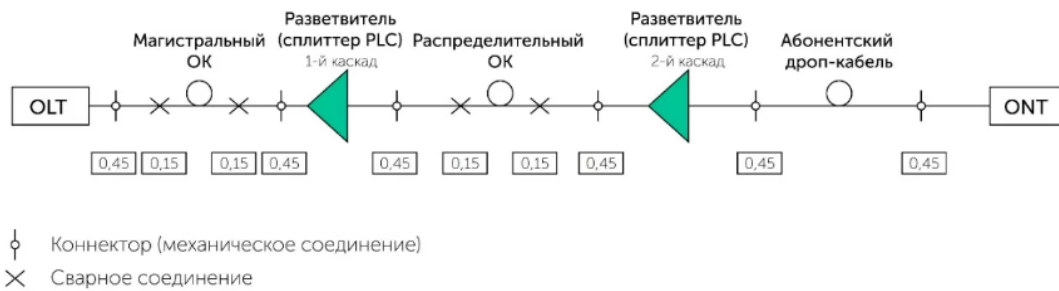


Рис. 3. Линейная схема OLT – ONT с указанием потерь (дБ) на соединениях

Для расчета берётся наихудший вариант потерь. Для двух установленных на линии сплиттеров (1×2):

$$A_{\text{сплит}} = n \cdot a_{\text{сплит}}, \quad (9)$$

где n — количество сплиттеров; $a_{\text{сплит}}$ — коэффициент затухания сплиттера.

Итого для линий длиной 80 км на разных длинах волн и с учётом всех элементов линий получаем суммарные потери:

$$A_{\text{общ}} = A_m + A_{\text{пот}} + A_{\text{сплит}}, \quad (10)$$

где A_m — потери в оптическом волокне; $A_{\text{пот}}$ — потери на соединениях волокна; $A_{\text{сплит}}$ — потери на сплиттерах.

Результаты проведенных измерений занесены в таблицу 4.

Таблица 4

Сводная таблица с результатами расчетов примера затухания в ОВ

Параметр	Значение рассчитываемого параметра для длины волны, нм		
	850	1310	1550
A_m , дБ	240,0	25,6	17,6
$A_{\text{пот}}$, дБ	3,3	3,3	3,3
$A_{\text{сплит}}$, дБ	8,6	8,6	8,6
$A_{\text{общ}}$, дБ	251,9	37,5	29,5

После получения значения общих потерь или вычисления «оптического бюджета» линии становится очевидным, что для поставленной задачи оптимальным выбором будет использование волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) с длиной волны 1310 или 1550 нм. Этот выбор обусловлен параметрами активного оборудования, имеющего запас по мощности $A_{\text{доп}} = 40$ дБ, что является предельным значением для оптических генераторов типа ОГ 2-1.

Анализ результатов показывает, что в современных электрических сетях применяются оба метода организации технической связи. Как видно из ранее представленных данных, эффективность одного метода по сравнению с другим в значительной степени зависит от поставленной задачи, поскольку каждое решение имеет свои преимущества и недостатки.

К преимуществам волоконно-оптических систем можно отнести возможность передачи нескольких сигналов по одному оптическому кабелю. В защиту высокочастотного (ВЧ) тракта стоит отметить, что передача нескольких сигналов по одной линии электропередачи (ЛЭП) возможна, однако требует использования различных фазных проводов. Также выбор частоты в этом случае усложняется из-за взаимных помех между разными сигналами, что снижает общую эффективность передачи. В отличие от ВЧ трактов, оптическое волокно не подвержено влиянию электромагнитных полей, которые могут исказить сигналы, передаваемые по ВЧ каналам, и существенно сократить расстояние их передачи. Таким образом, метод передачи сигналов через оптическое волокно отличается высокой надежностью, так как ВОЛС часто встраивают в грозозащитные тросы, а само волокно имеет хорошую прочность. В случае повреждения оптического волокна его можно восстановить с помощью спайки, что значительно упрощает ремонт. Тем не менее, возникают сложности, когда волокно проходит через грозозащитный трос. Кроме того, оптическое волокно независимо от самой ЛЭП и может быть проложено через отдельные столбы, что позволяет эффективно решать задачи перехода с воздушной линии на кабельную, чего нельзя сказать о высокочастотной передаче. Не стоит забывать и о том, что ВОЛС обеспечивает более быструю передачу информации по сравнению с ВЧ тракта.

Однако у организации сигналов через ВОЛС есть и недостатки, главным из которых являются высокие затраты. Несмотря на то, что сами оптические волокна являются относительно простыми и недорогими компонентами, стоимость оборудования для их сопряжения может значительно превышать стоимость материала. При расчете различных вариантов выбора длин волн для организации связи по ВОЛС было выяснено, что выбор оптимальной длины волны напрямую зависит от расстояния передачи. В случаях, когда требуется передавать данные на большие расстояния, необходимо устанавливать ретрансляторы, которые принимают и усиливают световой поток. В свою очередь, ВЧ тракт не имеет такого недостатка и способен функционировать на больших дистанциях, что увеличивает его привлекательность в некоторых сценариях.

Заключение. Выводы из проведенного анализа указывают на то, что выбор способа организации канала связи должен основываться на тщательном учете особенностей обоих методов. При использовании ВЧ-тракта нужно принимать во внимание различные помехи, негативно влияющие на его работу, от неблагоприятных погодных условий, таких как туман, до электромагнитных помех, возникающих из-за соседних каналов связи и телефонных линий, работающих в пределах частотного диапазона ВЧ. Также стоит отметить, что организация ВЧ-тракта на комбинированных кабельно-воздушных линиях (КВЛ) может быть затруднена. С другой стороны, длина канала ВОЛС зависит от длины волны, что связано с параметрами оборудования для подключения. В большинстве случаев возможно применение любого из описанных методов, однако выбор должен основываться на конкретных требованиях и условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Данилин Д.А. Назначение высокочастотных каналов и их организация на современных подстанциях. В: *Труды внутривузовской научно-практической конференции. «Новые идеи» Ростов-на-Дону, 09–14 октября 2023 года.* Ростов-на-Дону: ИП Беспамятнов Сергей Владимирович; 2023. С. 133–135.
2. Шкарин Ю.П. *Высокочастотные тракты каналов связи по линиям электропередачи.* Ч. 1. Москва: Энергопрогресс: Энергетик; 2001. 72 с.;
3. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. *Оптические волокна для линий связи.* Москва: ЛЕСАРпт; 2003. 288 с.
4. *Об электроэнергетике.* Федеральный Закон № 35–ФЗ от 26.03.2003 г. КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/?ysclid=m7vhhhtzco17544 (дата обращения: 10.01.2025).
5. Харламов В.А., Романов С.Е. *Перспективы использования ВЧ каналов в системах РЗА.* URL: <https://digitalsubstation.com/releyshik/2016/01/25/perspektivy-ispolzovaniya-vch-kanalov-v-sistemah-rza/> (дата обращения: 10.01.2025).

Об авторах:

Дмитрий Андреевич Данилин, студент кафедры цифровых технологий и платформ в электроэнергетике Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), dima34danilin6411@gmail.com

Владимир Эдуардович Левчук, ведущий инженер службы релейной защиты и автоматики и автоматизированных систем управления технологическими процессами Ростовского предприятия магистральных электрических сетей (344093, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Днепропетровская, 54/1), аспирант кафедры цифровые технологии и платформы в электроэнергетике Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), vladimir.levchuk.94@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Dmitry A. Danilin, Bachelor's Degree Student of the Digital Technologies and Platforms in the Electric Power Industry Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), dima34danilin6411@gmail.com

Vladimir E. Levchuk, Leading Engineer at the Unit of Relay Protection, Automation, and Technological Process Automated Control Systems, Rostov Enterprise of Main Electric Networks (54/1, Dnepropetrovskaya Str., Rostov-on-Don, 344093, Russian Federation), Postgraduate Student of the Digital Technologies and Platforms in the Electric Power Industry Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), vladimir.levchuk.94@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.315.1: 621.316.9

Анализ основных режимов нейтрали распределительных сетей 6–35 кВ с использованием моделирования однофазных замыканий

В.А. Шишкалов¹, В.Э. Левчук^{1,2}

¹ Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

² Филиал ПАО «Россети» — Ростовское ПМЭС, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Представлены результаты начального этапа исследования режимов нейтрали в распределительных сетях напряжением 6–35 кВ. Изложены ключевые области, в которых проводятся исследования по данной теме, а также выполнен сравнительный анализ основных режимов заземления нейтрали в распределительных сетях. Эффективно представлена модель участка сети, разработанная в программном комплексе Matlab Simulink. В качестве результатов работы выделены актуальные направления дальнейшего развития исследования, а также проблемы, связанные с эволюцией этой области.

Ключевые слова: распределительная сеть, нейтраль, режим нейтрали, модель, изолированная нейтраль, компенсированный режим нейтрали

Для цитирования. Шишкалов В.А., Левчук В.Э. Анализ основных режимов нейтрали распределительных сетей 6–35 кВ с использованием моделирования однофазных замыканий. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):17–22.

Analysis of the Neutral Point Main Modes in 6–35 kV Distribution Networks by Modeling Single Phase-to-Earth Fault

Vadim A. Shishkalov¹, Vladimir E. Levchuk^{1,2}

¹ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

² Branch of PJSC “Rosseti”, Rostov Enterprise of Main Electric Networks, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article presents the results of the initial stage of the research on neutral point modes in 6–35 kV distribution networks. The key directions of research currently ongoing on this topic have been outlined, and a comparative analysis of the neutral point main grounding modes in distribution networks has been carried out. A model of a network section has been created in the Matlab Simulink software package and successfully presented. As a result of the study, relevant areas for further research, as well as problems hindering progress in this area, have been distinguished.

Keywords: distribution network, neutral point, neutral point mode, model, isolated neutral mode, compensated neutral mode

For Citation. Shishkalov VA, Levchuk VE. Analysis of the Neutral Point Main Modes in 6–35 kV Distribution Networks by Modeling Single Phase-to-Earth Fault. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):17–22.

Введение. Распределительные электрические сети напряжением 6–35 кВ являются важной частью электросетевого комплекса Российской Федерации, поскольку они обеспечивают передачу электроэнергии от магистральных сетей к питающим потребителям, включая трансформаторные пункты. В связи с этим любые повреждения или отключения в распределительных сетях приводят к более частой потере электроэнергии для потребителей, чем это происходит в сетях более высокого напряжения.

Обеспечение надежности работы сетей данного напряжения стало важной задачей, что нашло отражение в их режиме нейтрали — изолированном или компенсационном. Несмотря на преимущества этих режимов, существуют также очевидные недостатки, что привело к значительному количеству исследовательских работ, как практического, так и теоретического характера.

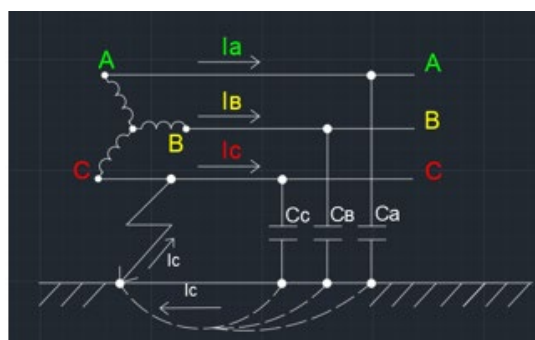
Исследования режимов нейтрали распределительных сетей охватывают широкий круг задач, включая моделирование переходных процессов при однофазных замыканиях на землю [1–3], влияние режима нейтрали на величину перенапряжений при однофазных повреждениях и, как следствие, на требования к изоляции электрооборудования [3, 4], возможность возникновения явления феррорезонанса при дуговых однофазных замыканиях на землю [5], определение места повреждения при однофазных замыканиях [6], обеспечение электробезопасности при попадании персонала под «напряжение прикосновения» в случае повреждения одной из фаз на землю [7, 8], изучение условий гашения дуги в месте повреждения линий [9], определение параметров устройств компенсации емкостных токов при однофазных замыканиях [7], регулирование величины компенсации емкостных токов при повреждении одной фазы на землю [10], организацию защит от однофазных повреждений отходящих присоединений с высокой степенью селективности и чувствительности [11, 12], общее сравнение эффективности применения различных режимов нейтрали [13, 14], оценку стоимости организации разных режимов нейтрали [15], анализ обеспечения надежности работы сети в различных режимах нейтрали [16], отказ от изолированного и компенсационного режимов в пользу глухозаземленного (по аналогии с сетями более высокого напряжения) [17], определение критериев выбора оптимального режима заземления [14], обмен опытом эксплуатации распределительных сетей с резистивным режимом нейтрали [12, 18].

Представленный перечень свидетельствует о высокой актуальности проведения исследований в данной области и подчеркивает основную проблему таких сетей — простое однофазное замыкание на землю (ОЗЗ). Целью данной работы является обобщение результатов ранее проведенных исследований авторами [19] и сравнение их с результатами других исследовательских работ, а также формирование дальнейших направлений исследования этой темы на основе обобщения имеющихся фактов и данных.

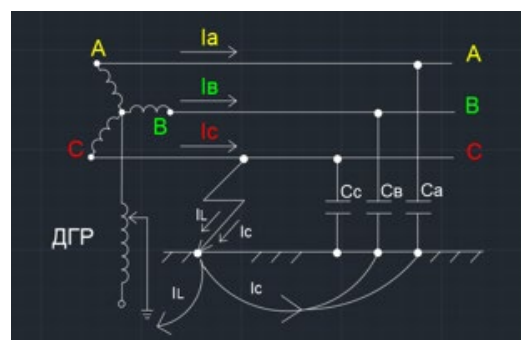
Различия между режимами нейтрали. Как указывалось в работе [19], на территории России можно выделить три варианта реализации режима нейтрали в распределительных сетях 6–35 кВ: изолированный режим, заземление через индуктивное сопротивление и заземление через резистивное сопротивление. Источник [17] объясняет выбор этих режимов особенностями конструкции оборудования, разработанного в прошлом веке, параметрами аварийных режимов, требованиями к нагрузочному оборудованию и экономической целесообразностью.

Поскольку основные проблемы этих сетей связаны с ОЗЗ, сравнение режимов нейтрали проводится именно в контексте этого аварийного режима. В представленной схеме (рис. 1 а) изображен участок распределительной сети с изолированной нейтралью и ОЗЗ. Под изолированной нейтралью понимается нейтраль трансформатора или генератора, не соединенная с заземляющим устройством или соединенная с ним через большое сопротивление, которое присутствует в приборах сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных устройствах.

Таким образом, при повреждении одной из фаз на землю ток протекает через землю и емкостную проводимость неповрежденных фаз (рис. 1 а). К недостаткам такого режима обычно относят возможность перехода однофазного замыкания в двухфазное или даже трехфазное, сложности в организации защит и выявлении поврежденного фидера, а также риск возникновения феррорезонанса. Более того, в месте повреждения возникает перемежающаяся дуга, которая является неустойчивой, то есть периодически гаснет и вновь загорается. Это явление, наряду с наличием индуктивности и емкости в сети, приводит к увеличению емкостного тока. В результате может происходить перенапряжение, которое достигает 2,5–3,5 от Уф. Такие перенапряжения наносят серьезный ущерб всей электрической сети и снижают ее изоляционные характеристики.



а)



б)

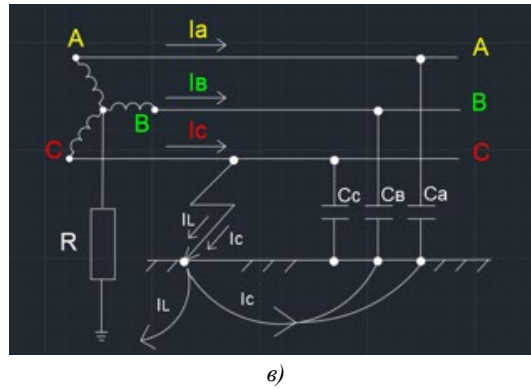


Рис. 1. Схемы распределительной сети с однофазным замыканием на землю: *а* — с изолированным режимом нейтрали; *б* — с компенсированным режимом нейтрали через дугогасящий реактор; *в* — с компенсированным режимом нейтрали через резистивное сопротивление [19]

Поскольку возникающая дуга в месте повреждения зависит от емкостного тока, для борьбы с этим явлением был реализован режим нейтрали через индуктивное сопротивление или с использованием дугогасящего реактора (ДГР) (рис. 1 *б*). Однако в процессе эксплуатации распределительной сети ее конфигурация может изменяться: число присоединений может увеличиваться или уменьшаться в результате переключений и реконструкций, что, соответственно, влияет на величину емкости сети. В таком случае первоначальная настройка ДГР становится нецелесообразной, что приводит к увеличению емкостных токов и перенапряжения в участке сети, достигающего 2,4–3,0 от Уф. Таким образом, недостатком такого режима работы нейтрали является его «негибкость», что имеет большое значение для надежности электроснабжения. Это создает необходимость в устройстве для регулирования величины компенсации.

Кроме того, подобный режим нейтрали не решает проблему организации защит. Третий режим нейтрали — резистивное заземление, предназначен для ограничения емкостных токов, дуговых перенапряжений и феррорезонансных явлений при обеспечении работоспособности сети на время поиска и устранения повреждений оперативным персоналом.

Уменьшение емкостного тока в сети с таким режимом нейтрали достигается за счет сокращения времени разряда емкостей неповрежденных фаз, что обеспечивается специальным подключенным резистором, который уменьшает протекание тока нулевой последовательности. Резистор подключается к сети с помощью трансформатора, соединенного по схеме Y/Δ , одним из двух способов: первый способ предполагает подключение резистора между нулевой точкой обмотки высокого напряжения трансформатора и контуром заземления (рис. 2); второй способ заключается в том, что нейтраль обмотки высокого напряжения соединяется с землей, а резистор включается во вторичную обмотку трансформатора в конфигурации разомкнутого треугольника (рис. 2 *б*).

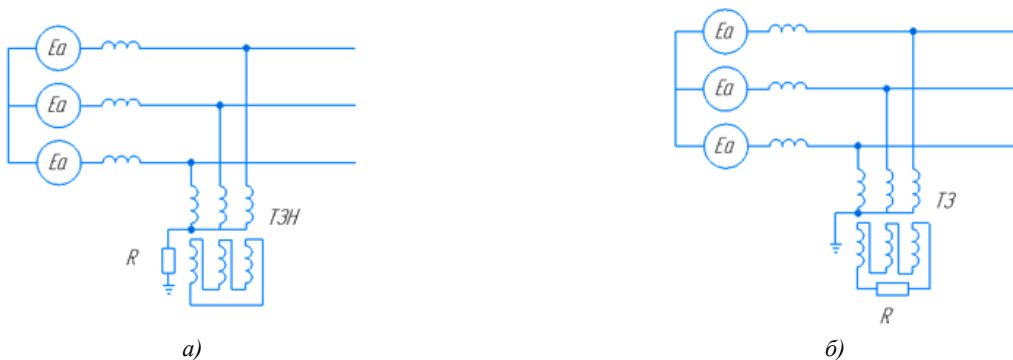


Рис. 2. Способы подключения резистора к нейтрали сети согласно СТО «ВНИИГАЗ»

Моделирование замыкания в условиях разных режимов нейтрали. С целью оценки влияния режима нейтрали на величину емкостных токов при ОЗЗ авторами были собрана имитационная модель в программном комплексе MatlabSimulink.

Посредством данной модели были смоделированы 4 режима:

- нормальный режим работы сети;
- ОЗЗ фазы «А» при режиме изолированной нейтрали;
- ОЗЗ фазы «А» при режиме компенсированной нейтрали через ДГР;
- ОЗЗ фазы «А» при режиме компенсированной нейтрали через резистор;

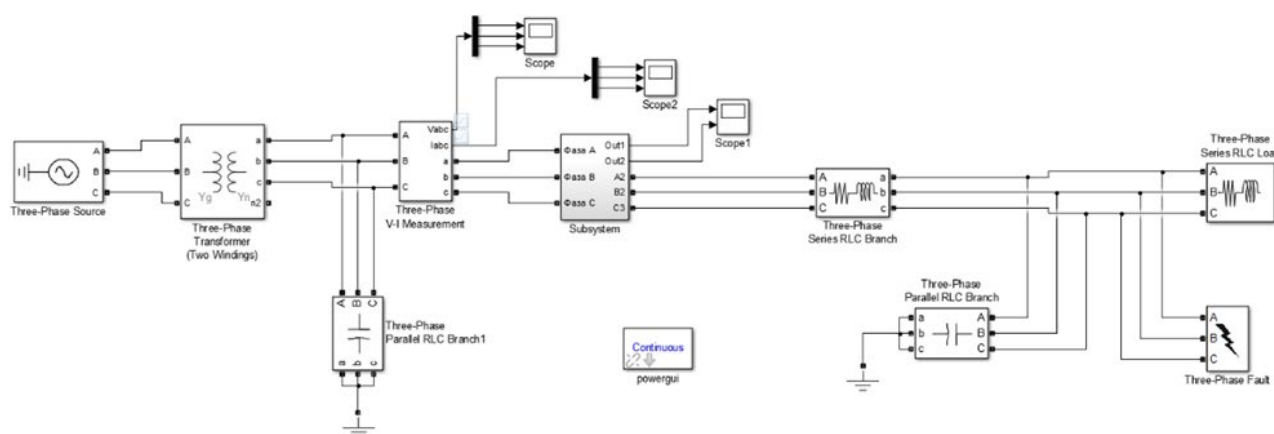


Рис. 3. Модель изучаемой сети, выполненная в программный комплекс MatlabSimulink

Результаты моделирования представлены на рис. 4. По данным осциллограммы видно, что применение компенсации в нейтрали значительно уменьшает емкостной ток в поврежденной фазе «А» по сравнению с изолированным режимом нейтрали. При этом резистивное компенсирование выполняет эту задачу с большей эффективностью.

Анализ полученных результатов показывает, что представленный анализ режимов нейтрали распределительной сети и сформированная модель являются первичными результатами исследования в данной области. Несмотря на необходимость доработки модели, результаты не противоречат существующей теории и исследованиям других авторов. Дальнейшая работа над моделью должна быть сосредоточена на расширении объема моделируемой сети, переходя от фрагмента сети к распределительному пункту с несколькими фидерами, а также на возможностях моделирования более сложных режимов нейтрали, таких как комбинированный и низкоомный.

Также, согласно источнику [17], для формирования более полного анализа возможной работы данных сетей следует рассмотреть однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) при их нестандартном режиме — глухо-заземленном. Это позволит также оценить целесообразность применения подобного режима в распределительных сетях.

Что касается эффективности применения режимов нейтрали, то явным преимуществом обладает резистивное заземление, что также подтверждают результаты исследований [2, 8, 13, 14, 18]. При этом стоит отметить отсутствие нормативно-технической документации, касающейся проектирования и эксплуатации сетей с таким режимом нейтрали у профильных электросетевых организаций.

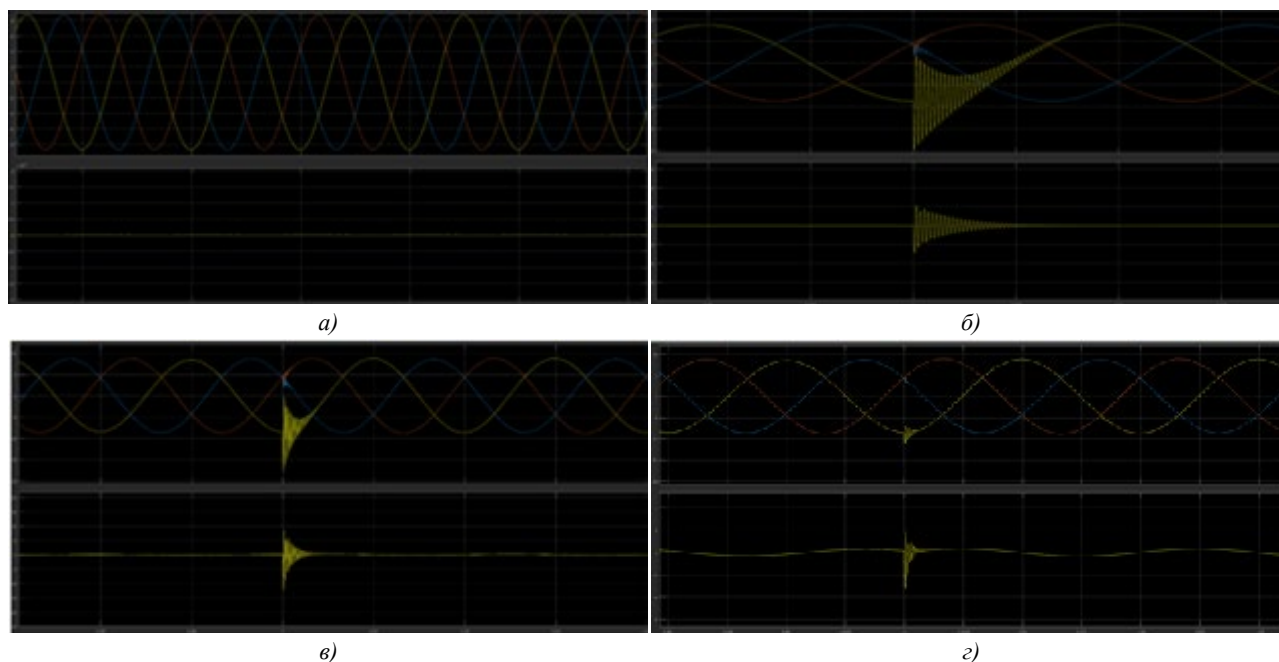


Рис. 4. Осциллограммы емкостных токов: а — в нормальном режиме работы; б — при замыкании фазы А на землю и изолированной нейтрали; в — при замыкании фазы А на землю и компенсации посредством ДГР; г — при замыкании фазы А на землю и через активное (резистивное) сопротивление

Большая часть исследований, в которых представлены результаты эксплуатации подобных режимов, опирается на опыт не электросетевых компаний, а компаний-потребителей электроэнергии, преимущественно из нефтегазовой и горнодобывающей отраслей. Эта осторожность со стороны крупных сетевых организаций указывает на то, что в исследовательских работах не учитываются некоторые эксплуатационные особенности. В частности, такие факторы, как топология сети, внешняя среда прохождения линий и наличие ресурсов для переключения и резервирования электроснабжения, часто остаются вне поля зрения.

Дополнительно стоит отметить малое количество исследований, посвященных экономическому обоснованию эффективности различных режимов нейтрали, что является ключевым инструментом принятия решений в современной экономике. В результате, распределительные сети в значительной степени продолжают эксплуатироваться с изолированным режимом нейтрали.

Заключение. Были выявлены основные направления исследований в данной предметной области. Проведено сравнение трех основных режимов нейтрали в распределительных сетях с детализированным описанием их отличительных черт. Также была сформирована модель участка распределительной сети с возможностью моделирования однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) при различных режимах нейтрали. Полученные в ходе моделирования осциллограммы не противоречат аналогичным исследованиям других авторов. Кроме того, определены направления для дальнейших исследований по развитию существующей модели. Предположены причины, из-за которых существуют проблемы с интеграцией накопленного опыта по использованию резистивного заземления, которые следует учитывать в будущих исследованиях по данной теме.

Список литературы

1. Владимиров Л.В., Иванов Г.В., Кислицин Е.Ю., Владимиров Л.В. Влияние переходного сопротивления при однофазном замыкании на землю в сети с резистивным заземлением нейтрали. *Вестник кибернетики*. 2022;1(45):16–22. <https://doi.org/10.34822/1999-7604-2022-1-16-22>
2. Каминский М.В., Добродей А.О. Моделирование перенапряжений. *Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого*. 2022;(3):72–80.
3. Шуин В.А., Солодов С.В. Об эффективности ограничения перенапряжения при дуговых замыканиях на землю различных режимов заземления нейтрали электрических сетей 6–35 кВ. *Вестник Ивановского государственного энергетического университета*. 2006;(2):71–75.
4. Ощепков В.А., Владимиров Л.В., Плотников Д.И., Шакенов Е.Е., Мельников С.А., Паламарчук Д.В. Влияние режима работы нейтрали распределительных электрических сетей на уровень перенапряжений при однофазном замыкании на землю. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2018;(1–1(67)):119–123. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.67.090>
5. Попугаев А.В. Исследование особенностей явления феррорезонанса в электрических сетях 6–35 кВ на основе математического моделирования. *Бюллетень результатов научных исследований*. 2021;(2):59–68. <https://doi.org/10.20295/2223-9987-2021-2-59-68>
6. Калентионюк Е.В., Мазурек Ю.А. Определение вида однофазного напряжения в воздушных распределительных электрических схемах с изолированной нейтралью. *Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ — Энергетика : международный научно-технический журнал*. 2012;(6):28–34.
7. Бабичев А.С. Обеспечение условий допустимости вынесенного потенциала в распределительных электрических сетях с низкоомным заземлением нейтрали при замыканиях на землю. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки*. 2017;(1):54–60. <https://doi.org/10.17213/0321-2653-2017-1-54-60>
8. Осипов П.В., Фастий Г.П., Карпов А.С., Ярошевич В.В. Анализ режимов работы нейтрали сети 35 кВ с целью повышения электробезопасности для населения. *Труды Кольского научного центра РАН*. 2016;5–13(39):118–131. URL: [https://www.ksc.ru/docs/trudy/energetika/archive/energetiki_13_2016\(39\).pdf](https://www.ksc.ru/docs/trudy/energetika/archive/energetiki_13_2016(39).pdf) (дата обращения: 18.12.2024).
9. Лавринович М.В. Условия погасания электрической дуги в воздухе. *Известия Томского политехнического университета*. 2009;315(4):51–55.
10. Рыжкова Е.Н. Управление комбинированным заземлением нейтрали. *Известия вузов. Проблемы энергетики*. 2008;(7–8):78–83.
11. Андреев А.А. Анализ существующих разновидностей защит от однофазных замыканий на землю и условия их применения. *Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2021;29(4):56–70. <https://doi.org/10.14498/tech.2021.4.5>
12. Жуковский Ю.Л., Пеленев Д.Н. Адаптивное управление режимом нейтрали распределительных сетей 6–35 кВ предприятий минерально-сырьевого комплекса. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016;(5–3(47)):103–106. <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.47.045>
13. Бурчевский В.А., Владимиров Л.В., Ощепков В.А., Суриков В.И. Обзор режимов заземления нейтрали в электрических сетях 6–35 кВ. *Омский научный вестник*. 2009;1(77):122–126.

14. Кузьмин А.А., Базаррагча А. К вопросу выбора режима заземления нейтрали в сети среднего класса напряжения городского электроснабжения. *Вестник Чувашского университета*. 2015;(3):62–67. URL: https://www.chuvsu.ru/wp-content/uploads/2020/04/2015_3.pdf (дата обращения: 18.12.2024).
15. Казакул А.А., Касьянов А.В. Сравнительный анализ режимов работы нейтрали в сети 10 кВ на примере распределительных сетей г. Тынды. 2020;3(11):86–94.
16. Ашихмин Д.С. Повышение эффективности и надежности работы распределительных сетей при переходе к резистивному заземлению нейтрали. *StudNet*. 2021;4(4):1–8.
17. Михеев Г.М., Зиганшин А.Г. Возможность влияния современных технологий на режим нейтрали электрических сетей. *Вестник Чувашского университета*. 2021;(3):103–112. <https://doi.org/10.47026/1810-1909-2021-3-103-112>
18. Бакиров А.Р., Васильева А.Ю., Ширковец А.И., Телегин А.В. Опыт применения резистивного заземления нейтрали в сетях 6–10 кВ горнорудной промышленности. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2011;(S4):328–334.
19. Шишкалов В.А. Сравнение режимов работы изолированных нейтралей и нейтралей с компенсацией в распределительных сетях 6–35 кВ. В: *Труды внутривузовской научно-практической конференции «Новые идеи», Ростов-на-Дону, 09–14 октября 2023 года*. Ростов-на-Дону: ИП Беспамятных Сергей Владимирович; 2023. С. 129–131.

Об авторах:

Вадим Александрович Шишкалов, магистрант кафедры цифровых технологий и платформ в электроэнергетике Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Страны советов, 1), vadim_shishkalov@mail.ru

Владимир Эдуардович Левчук, ведущий инженер службы релейной защиты и автоматики и автоматизированных систем управления технологическими процессами Ростовского предприятия магистральных электрических сетей (344093, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Днепропетровская, 54/1) и аспирант кафедры цифровые технологии и платформы в электроэнергетике Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), vladimir.levchuk.94@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Vadim A. Shishkalov, Master's Degree Student of the Digital Technologies and Platforms in the Electric Power Industry Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), vadim_shishkalov@mail.ru

Vladimir E. Levchuk, Leading Engineer at the Unit of Relay Protection, Automation, and Technological Process Automated Control Systems, Rostov Enterprise of Main Electric Networks (54/1, Dnepropetrovskaya Str., Rostov-on-Don, 344093, Russian Federation), Postgraduate Student of the Digital Technologies and Platforms in the Electric Power Industry Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), vladimir.levchuk.94@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 629.1

Динамический анализ печатного узла

Б.Н. Даулов, А.И. Кузнецов

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Российская Федерация

Аннотация

Исследуются динамические характеристики печатного узла, формулируются основные цели динамического анализа, а также описывается последовательность шагов, необходимых для его проведения. Процесс упрощения разработанной модели печатного узла представлен детально. Проведен расчет динамических характеристик для четырехточечного крепления печатного узла в корпусе блока, при этом была предложена модифицированная конструкция печатного узла, основанная на изменении способа его крепления. Все выводы подкреплены графическими материалами, что подтверждает их обоснованность и точность.

Ключевые слова: моделирование, динамический анализ, собственные частоты, напряжения, перемещения, способ закрепления, печатный узел, вибропрочность

Для цитирования. Даулов Б.Н., Кузнецов А.И. Динамический анализ печатного узла. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):23–28.

Dynamic Analysis of a Printed Circuit Assembly

Bekbolat N. Daulov, Andrey I. Kuznetsov

Penza State University, Penza, Russian Federation

Abstract

The dynamic properties of a printed circuit assembly have been studied, the main objectives of the dynamic analysis have been formulated and the sequence of steps envisaged by it has described. The process of simplifying the developed circuit assembly model has been presented in detail. The dynamic properties of a four-point mount for mounting a printed circuit assembly in the block housing have been calculated, and a modified design of the printed circuit assembly envisaging changes in the mounting method has been proposed. To confirm the validity and accuracy of all the conclusions, the graphic materials have been provided.

Keywords: modeling, dynamic analysis, natural frequencies, stresses, displacements, mounting method, printed circuit assembly, vibration strength

For Citation. Daulov BN, Kuznetsov AI. Dynamic Analysis of a Printed Circuit Assembly. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):23–28.

Введение. Динамический анализ в настоящее время представляет собой неотъемлемую часть проектирования любых радиоэлектронных средств [1, 2]. Основными целями динамического анализа являются проектирование структурных и механических систем, обеспечивающих работу без разрушений в динамических условиях [3], а также модификация характеристик системы (форм, механизмов демпфирования, свойств материала и т. п.) для уменьшения влияния вибраций [4]. Динамический анализ в программном пакете SOLIDWORKS осуществляется после определения собственных частот и форм колебаний. Полученные значения перемещений, деформаций и напряжений отражают реакцию модели устройства на действующие нагрузки, в частности, на ускорения.

Цель исследования заключается в проведении анализа отклика системы на механические воздействия и в проработке возможностей повышения виброустойчивости конструкции за счет изменения методов крепления.

Основная часть. Динамический анализ будет проведен для печатного узла (ПУ), изготовленного из фольгированного стеклотекстолита марки FR4, с установленными элементами с обеих сторон. Геометрические размеры узла составляют 110×82×23 мм. Плата разделена на функциональные зоны, которые изолированы друг от друга с помощью металлизации. Крепежные отверстия расположены в зонах металлизации, на которую выведен слой заземления. На плате установлена батарея, предназначенная для хранения служебной информации. В целях защиты от влаги зона установки элементов покрыта лаком, а маркировка платы выполнена печатью.

ПУ является частью прибора, предназначенного для реализации защищенной транспортной среды распределенных информационно-телекоммуникационных систем, обрабатывающих конфиденциальную информацию и обеспечивающих функции контроля передаваемой и принимаемой информации, а также тестирования аппаратных и программных компонентов изделия.

Рассмотрим вариант, при котором ПУ жестко закреплен по четырем углам. В соответствии с техническим заданием, значение ускорения составляет 20 м/с^2 в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Демпфирование всей системы задается на уровне 5 %, что соответствует коэффициенту демпфирования 0,05 (рис. 1).

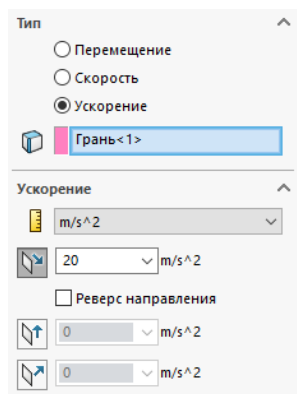


Рис. 1. Задание ускорения на однородную поверхность по оси Y

Расчет производится при приложении нагрузки в каждом направлении (OX, OY, OZ). В качестве примера на рис. 2 приведена эпюра напряжений по оси OZ.

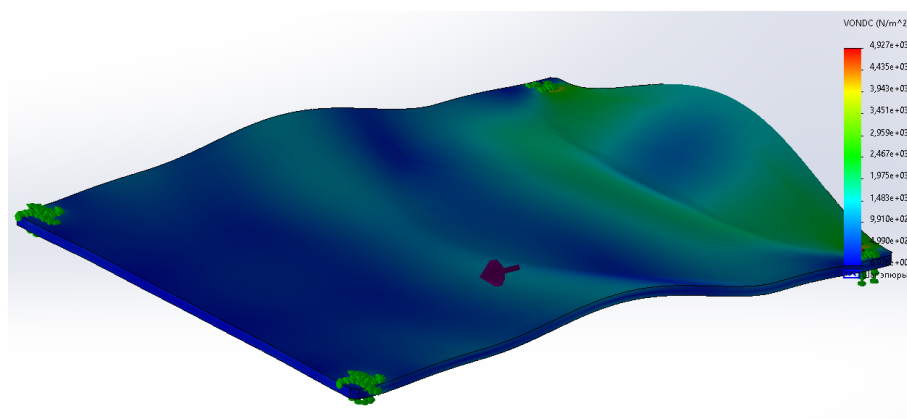


Рис. 2. Эпюра напряжений при воздействии по направлению OZ

Далее строится график отклика в точках наибольшего отклонения на эпюрах на заданной частоте. Графики отклика (механических напряжений) модели печатного узла по осям представлены на рис. 3.

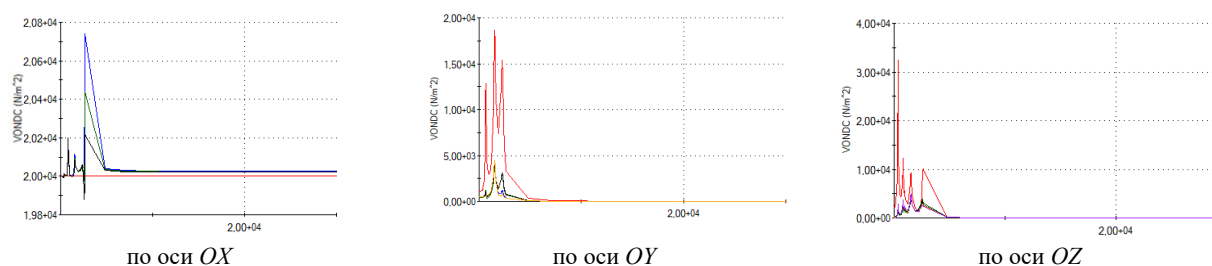


Рис. 3. Графики отклика

Как следует из анализа материалов, представленных на рис. 3, наибольшие значения механических напряжений, действующих в модели ПУ, наблюдаются при более низких частотах. Это связано с тем, что в этих диапазонах величины амплитуд колебаний оказываются значительными. Кроме того, максимальный отклик модели вызывается воздействием, направленным по оси OZ, в то время как для двух других направлений отклик остается менее одного процента.

Таким образом, для обеспечения вибропрочности модели ПУ необходимо начать с увеличения жесткости вдоль оси OZ. Это может быть достигнуто за счет изменения способов крепления, как указывается в работах [5, 6]. В следующем варианте крепления будет предусмотрено добавление дополнительных точек крепления по сторонам (рис. 4). Подобные изменения способствуют увеличению значений собственной частоты, а также количественным изменениям отклика модели [7, 8]. При таком варианте крепления контур ПУ становится более устойчивым к механическим нагрузкам. Далее следует провести модальный анализ для определения собственных частот модели ПУ.

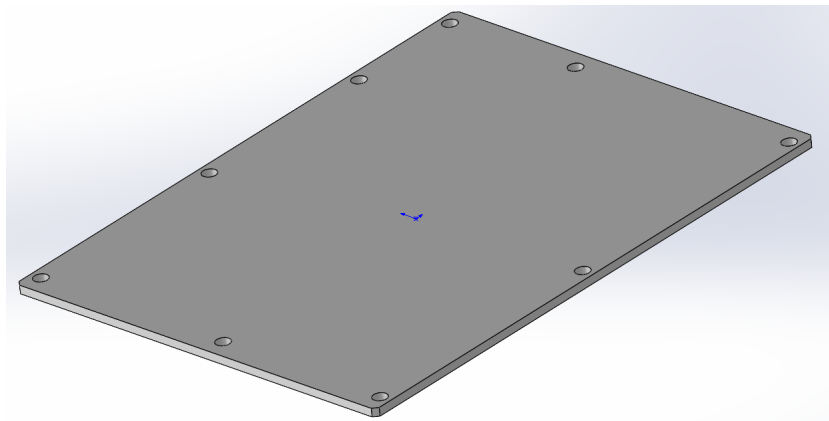


Рис. 4. Создание отверстий по контуру

Для проверки соответствия изделия более жестким условиям эксплуатации задается виброускорение равное 70 м/с^2 . Далее строятся графики отклика в точках наибольшего отклонения на эпюрах на заданной частоте. Графики отклика (механических напряжений) модели печатного узла по осям представлены на рис. 5.

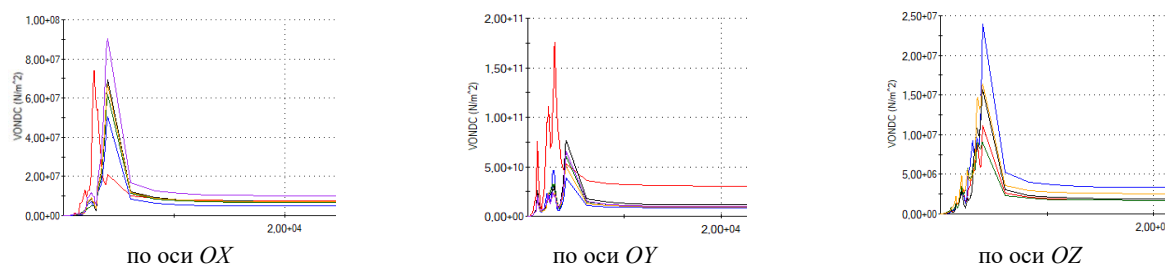


Рис. 5. Графики отклика

Как показали расчеты, изменение способа крепления модели ПУ привело к повышению ее устойчивости с точки зрения собственных частот. Однако при приложении нагрузки наблюдаются достаточно большие значения механических напряжений и ускорений. Следовательно, имеет смысл продолжить работу по увеличению жесткости модели, что позволит еще больше повысить ее характеристики.

Следующий вариант крепления печатного узла предполагает добавление дополнительных винтовых креплений, расположенных в соответствии с размещением элементов на плате (рис. 6). По всем винтовым отверстиям будет устанавливаться жесткое крепление.

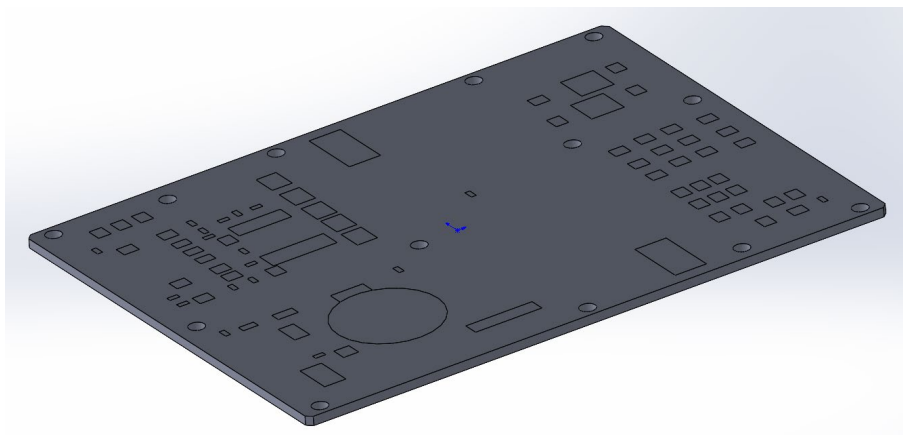
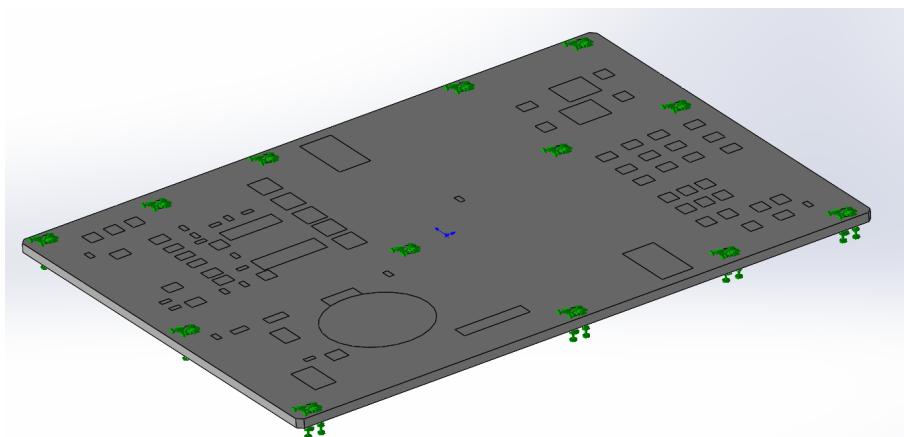


Рис. 6. Модель ПП

Элементы на печатной плате устройства представлены в виде эскизов с заданными соответствующими каждому элементу массами для упрощения и наглядности процесса.

Закрепление ПУ по внутренней поверхности отверстий соответствует винтовому креплению на стойках (рис. 7).



Для повышения эффективности работы применяется автоматическое задание формы элементов с последующим визуальным контролем. После этого производится частотный анализ, результаты которого показали минимальные воздействия на осях X и Y. Значения по оси Z значительно снизились, а максимальная эффективная масса составила 27 процентов, что является значительным улучшением по сравнению с величинами предыдущих вариантов закрепления (78 и 55 процентов).

Суммарная эффективная масса за 10 опытов уменьшилась до 75 процентов. Первая собственная частота возросла до 1 170 Гц. На рис. 8–10 представлены эпюры механических напряжений, возникающих в ПУ при заданном возмущении.

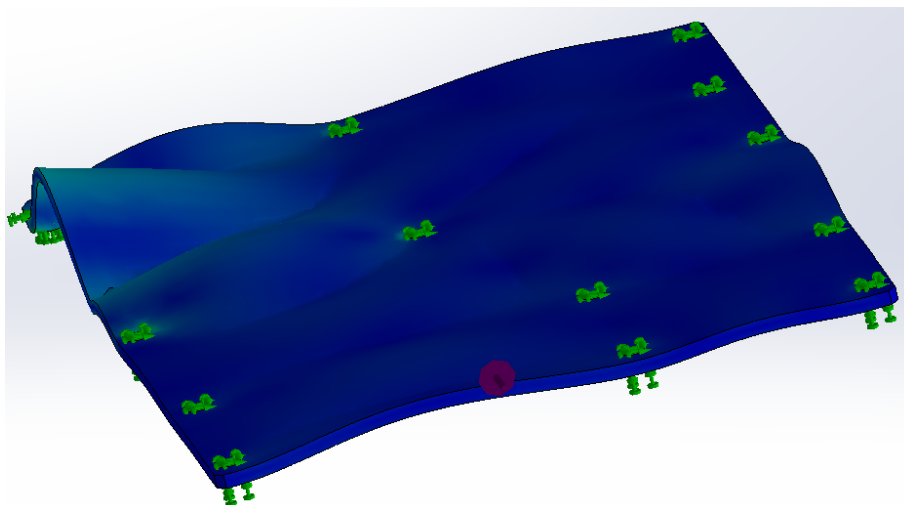


Рис. 8. Эпюра напряжений по X

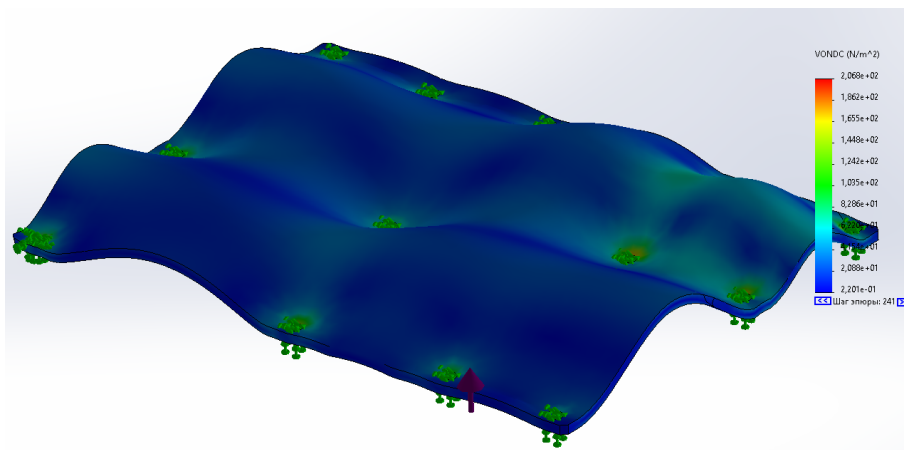


Рис. 9. Эпюра напряжений по Y

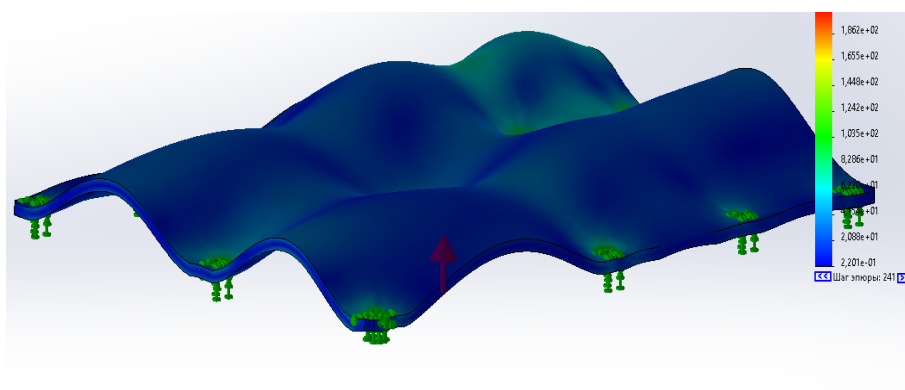


Рис. 10. Эпюра напряжений по Z

Далее по амплитуде колебаний определяются наиболее уязвимые точки печатного узла и строятся графики отклика по соответствующим осям (рис. 11–13).

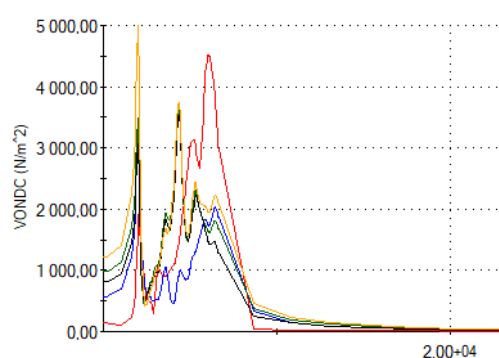
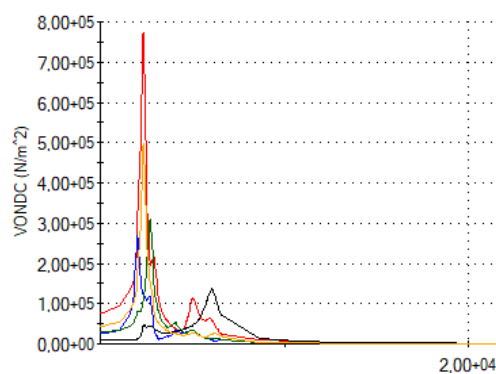
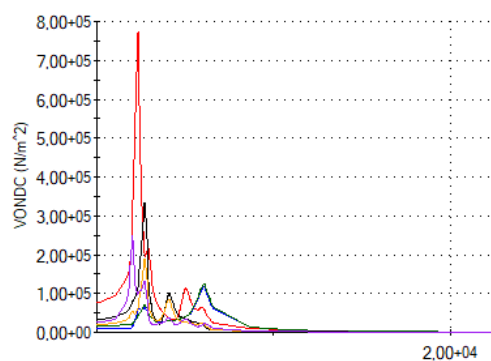


Рис. 11. График отклика в критических точках (ось X)



На графиках отклика иллюстрируется зависимость действующего напряжения от частоты. Как видно из графиков, наиболее высокие значения напряжений наблюдаются на низких частотах, однако максимальные напряжения не превышают установленного предела [9, 10].

Заключение. Анализ вариантов способов закрепления показал, что за счет повышения жесткости закрепления ПУ можно значительно улучшать ее динамические характеристики. Крепление по всему контуру ПУ и по центральным узлам позволило достигнуть наилучших результатов. Такой вариант ПУ конструкционно способен выдерживать большие нагрузки, следовательно, ПУ можно использовать при более жестких условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Таньков Г.В., Трусков В.А., Юрков Н.К., Григорьев А.В., Данилова Е.А. *Исследование динамики печатных плат радиоэлектронных средств*. Монография. Пенза: Пензенский государственный университет; 2016. 118 с.
2. Рязанов И.А., Данилова Е.А., Ануар Г.А. *Общие вопросы в моделировании радиоэлектронных средств*. Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2022;1:91–93.
3. Фролов С.И., Данилова Е.А., Таньков Г.В., Кочегаров И.И., Григорьев А.В. Разработка методики определения резонансных частот тонкостенных цилиндрических конструкций бортовых радиоэлектронных средств. *Надежность и качество сложных систем*. 2021;1(33):102–113. <https://doi.org/10.21685/2307-4205-2021-1-10>
4. Анненков А.А., Данилова Е.А. Анализ способов обеспечения виброустойчивости печатных узлов. Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2019;1:262–264.
5. Таньков Г.В., Гришко А.К., Транковская Н.В., Данилова Е.А., Сысуев В.А. Анализ современных систем защиты РЭС от внешних механических воздействий. *Современные информационные технологии*. 2019;(30):156–159.
6. Казаченко А.А., Данилова Е.А., Малышев В.О., Юрков Н.К., Бростилов С.А. Определение способа защиты РЭС от внешних факторов. В: Труды XIV Международной научно-технической конференции с элементами научной школы и конкурсом научно-исследовательских работ для обучающихся и молодых ученых «Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации («Шлядинские чтения — 2022»)), Пенза, 24–26 октября 2022 года. Пенза: Пензенский государственный университет, 2022. С. 288–290.
7. Фролов С.И., Данилова Е.А., Трусков В.А., Кочегаров И.И., Юрков Н.К. К вопросу моделирования собственных частот колебаний многогранных призм безрезонансных конструкций бортовых радиоэлектронных средств. *Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета*. 2022;80:151–162.
8. Grishko A, Adnreev P, Goryachev N, Trusov V, Danilova E. Reliability Control of Complex Systems at Different Stages of Their Life Cycle. In: *Proceedings of 2018 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT)*. Yekaterinburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Publ.; 2018. P. 220–223. <https://doi.org/10.1109/USBREIT.2018.8384589>
9. Фролов С.И., Трусков В.А., Таньков Г.В., Данилова Е.А., Юрков Н.К. Методы автоматизированного синтеза компоновки блоков бортовой РЭС. Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2018;2:334–335.
10. Фролов С.И., Кочегаров И.И., Данилова Е.А., Таньков Г.В., Юрков Н.К., Баннов В.Я. Морфологический метод автоматизации структурно-параметрического синтеза блоков бортовых РЭС. Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2018;(2):326–334.

Об авторах:

Бекболат Нурлыбаевич Даулов, магистрант кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры Пензенского государственного университета (440026, Российская Федерация, г. Пенза, ул. Красная, 40), siori@list.ru

Андрей Игоревич Кузнецов, магистрант кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры Пензенского государственного университета (440026, Российская Федерация, г. Пенза, ул. Красная, 40)

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Bekbolat N. Daulov, Master's Degree Student of the Design and Production of Radio Equipment Department, Penza State University (40, Krasnaya Str., Penza, 440026, Russian Federation), siori@list.ru

Andrey I. Kuznetsov, Master's Degree Student of the Design and Production of Radio Equipment Department, Penza State University (40, Krasnaya St., Penza, 440026, Russian Federation)

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.4

Обзор платформ для обучения программированию: функциональные возможности, методы автоматизированной проверки и безопасность выполнения кода

Д.В. Голосуев, В.В. Долгов

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Проведён обзор существующих платформ для обучения программированию и проверки навыков разработчиков. Рассматриваются их функциональные возможности, преимущества и ограничения. Особое внимание уделено методам автоматизированной проверки решений задач. Изучены подходы к безопасному выполнению недоверенного кода, а также перспективы реализации совместного редактирования программного кода. Предложенные решения и выводы направлены на оптимизацию процессов обучения и повышения безопасности платформ.

Ключевые слова: обучение программированию, проверка навыков программирования, автоматизированная проверка решений задач, автоматизированное тестирование, выполнение недоверенного кода, контейнеризация, Docker, изоляция в песочнице, совместное редактирование, CRDT, WebRTC, WebSocket

Для цитирования. Голосуев Д.В., Долгов В.В. Обзор платформ для обучения программированию: функциональные возможности, методы автоматизированной проверки и безопасность выполнения кода. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):29–32.

Overview of Platforms for Learning Programming: Functionality, Automated Verification Methods and Secure Code Execution

Danil V. Golosuev, Vasilii V. Dolgov

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The paper provides an overview of existing platforms for learning programming and assessing developers' skills. Functional capabilities, advantages and limitations of such platforms were studied. Special attention was paid to the methods of automated verification of problem solving. Approaches to secure execution of untrusted code, as well as prospects for leveraging collaborative code editing, were investigated. The proposed solutions and conclusions aim at optimising the study process and improving security of the platforms.

Keywords: learning programming, assessment of programming skills, automated verification of problem solving, automated testing, untrusted code execution, containerization, Docker, sandbox-based isolation, collaborative editing, CRDT, WebRTC, WebSocket

For Citation. Golosuev DV, Dolgov VV. Overview of Platforms for Learning Programming: Functionality, Automated Verification Methods and Secure Code Execution. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):29–32.

Введение. Интерактивные образовательные системы обучения и проверки навыков предоставляют эффективный и увлекательный способ развития навыков программирования. Такие платформы позволяют участникам получать мгновенную обратную связь и анализировать свои ошибки, что ускоряет процесс обучения. Интерактивные платформы создают сообщества, где пользователи могут обмениваться опытом, решать задачи и совершенствоваться вместе. Платформы могут предлагать задачи различных уровней сложности и направлений, охватывая широкий круг интересов и специализаций. Решение алгоритмических задач развивает навыки, востребованные в профессиональной разработке, и помогает в подготовке к собеседованиям. Таким образом, разработка образовательных систем по программированию остаётся актуальной.

Цель исследования заключается в проведении обзора источников, касающегося проектирования и разработки интерактивной информационной системы обучения и проверки навыков программирования.

Сравнение существующих аналогов. Существует множество информационных систем для обучения программированию с автоматизированной проверкой решений задач; однако во время анализа можно выявить недостатки существующих решений. Именно они создают предпосылки для разработки нового решения, более полно соответствующего потребностям пользователей.

LeetCode [1] — одна из самых популярных платформ для изучения алгоритмов и структур данных. Её сильной стороной являются удобный и красивый интерфейс, подходящий для начинающих, встроенный редактор кода с подсветкой синтаксиса и наличие теоретических материалов. Сервис позволяет тестировать программы на своих входных данных, хотя возможность создания собственных задач не предоставляется. Это отличная платформа для изучения алгоритмов, но её функционал сосредоточен исключительно на этой области.

CodeWars [2] выделяется возможностью создавать свои задачи, что делает её особенно привлекательной для пользователей, которые ценят творческий подход и хотят делиться своими идеями с сообществом. Несмотря на отсутствие теоретических материалов, платформа имеет красивый интерфейс и удобна для новичков. Встроенный редактор кода с подсветкой синтаксиса дополняется системой тестирования программ через автотесты, что является особенностью данной платформы среди рассматриваемых.

Информатикс [3] — русскоязычный сервис, но его устаревший и неудобный интерфейс снижает привлекательность. Код приходится писать и отлаживать локально, так как встроенного редактора нет, а решения загружаются в виде файлов. Навигация по задачам усложнена, поиск осуществляется по идентификаторам. Теоретические материалы присутствуют в большом объёме. Добавлять задачи на сайт могут только некоторые пользователи через специальную заявку, что ограничивает гибкость работы с платформой. Собственные тестовые данные указать нельзя.

HackerRank [4] ориентирован на алгоритмические задачи и поддерживает добавление пользовательских задач, что способствует разнообразию контента. Оценка решений на платформе может быть кастомизирована с помощью скриптов на языках Python, Java и C++. HackerRank не предоставляет теоретических материалов, фокусируясь исключительно на практике. Платформа поддерживает множество языков программирования и предоставляет сертификаты по различным навыкам, которые можно добавить в профессиональное портфолио или профиль в LinkedIn.

Методы проверки решений. На платформах Информатикс и HackerRank проверка решений задач осуществляется на основе обработки консольного ввода и вывода. Пользовательская программа запускается с заранее подготовленными тестовыми данными, которые подаются на её консольный ввод. Программа выводит результат работы в консольный вывод, и система тестирования сравнивает полученный вывод с эталонным. Для проверки программы на других тестовых наборах данных осуществляется её повторный запуск.

На платформе LeetCode проверка решений задач осуществляется на основе передачи тестовых данных в текстовом формате. Входные данные десериализуются и преобразуются в аргументы для вызова пользовательской функции, реализующей вычисления. Оценка корректности выполняется путём сравнения возвращаемого функцией результата с эталонным значением. Такой подход исключает необходимость перезапуска программы, что позволяет более точно измерять время выполнения алгоритма.

На платформе CodeWars проверка решений задач осуществляется с использованием автоматизированных тестов (автотестов). Автор задачи пишет код, который выполняет проверку пользовательского решения на корректность. Такой подход способствует изучению не только алгоритмов и структур данных, где ключевым является получение правильных выходных данных для заданных входных, но и развитию концепций объектно-ориентированного программирования, включая проектирование классов, реализацию методов с заданными сигнатурами, использование наследования, полиморфизма и других принципов ООП. Корректность выполнения программ оценивается с помощью набора автотестов, проверяющих их поведение в различных сценариях.

Запуск недоверенного кода. Для проверки решений задач требуется запуск пользовательского кода, при этом любой пользовательский код, отправляемый на платформу, является недоверенным и потенциально вредоносным. Недоверенный код нельзя выполнять на хост-системе, поэтому для его выполнения применяется концепция песочницы или sandboxing. Изучены литературные данные по теме применения sandboxing в олимпиадах по информатике. В [5] описывается вариант «песочницы» на основе Linux control group и namespaces. Эти же механизмы используются в системе контейнеризации Docker, которую автор применил в качестве «песочницы». В [6] затрагиваются вопросы безопасности системы оценки задач. Авторы адаптировали требования к системе контейнеризации Docker [7]. Если обобщить, основным требованием является всяческое ограничение возможностей для недоверенного кода.

Для проверки решений задач требуется выполнение пользовательского кода. Однако любой пользовательский код, отправляемый на платформу, считается недоверенным и потенциально вредоносным. Исполнение недоверенного кода на хост-системе недопустимо, поэтому для его обработки применяется концепция песочницы (sandboxing). В литературе изучены различные аспекты использования песочниц на олимпиадах по информатике. В источнике [5] описывается вариант реализации песочницы с использованием Linux control group и namespaces. Эти механизмы также активно применяются в системе контейнеризации Docker, которая используется автором как основа для создания песочницы. Исследование, представленное в [6], поднимает вопросы безопасности системы оценки задач. Авторы адаптировали требования к системе контейнеризации Docker из [7]. Основное требование заключается в максимальном ограничении возможностей для выполнения недоверенного кода, чтобы минимизировать потенциальные угрозы.

По умолчанию Docker создает изолированную файловую систему для каждого контейнера. Если используется файловая система btrfs, overlay2, windowsfilter или zfs, размер может быть ограничен параметром `--storage-opt size = 120G`. Еще одним вариантом ограничения размера является монтирование временной файловой системы tmpfs с параметром `--tmpfs /usr/app:size = 32M`. В дополнение к этому можно ограничить количество операций ввода-вывода с помощью параметров `--device-read-IOPS` и `--device-write-IOPS`, хотя ограничение размера файловой системы в оперативной памяти может не всегда иметь практический смысл. Также возможно создать файловую систему только для чтения с использованием параметра `--read-only`.

Docker предоставляет возможность ограничить ресурсы контейнера, такие как объем оперативной памяти и процессорное время. Даже если конкретное задание по программированию не предусматривает ограничение по памяти или процессору, важно задать эти лимиты, чтобы предотвратить влияние на другие контейнеры и хостовые процессы. Это можно реализовать с помощью параметров `--memory 128M` и `--cpus 1.0`.

Сетевое взаимодействие также может быть ограничено параметром `--network = none`. Избыточное количество процессов в контейнере может перегружать планировщик задач. Поэтому рекомендуется ограничить количество запущенных процессов с помощью параметра `--ulimit nproc = 64`, а также лимитировать количество файловых дескрипторов с параметром `--ulimit nfile = 512`. На рис. 1 представлена команда для запуска контейнера с недоверенным кодом.

```
docker run -it --rm \
  --read-only \
  --tmpfs /usr/app:size=32M \
  --memory 128M \
  --cpus 1.0 \
  --ulimit nproc=64 --ulimit nfile=512 \
  --network=none \
  gcc:13.2.0
```

Рис. 1. Команда запуска Docker контейнера

Совместное редактирование кода. На платформе планируется реализовать функционал совместного редактирования кода, что позволит пользователям учиться программированию или проверять свои навыки вместе с другими. Для этого необходимо синхронизировать содержимое редактора в реальном времени, включая положение курсоров и выделенные области текста. В качестве редактора кода можно использовать Monaco Editor или CodeMirror.

Синхронизация состояния редактора может быть выполнена с использованием CRDT (Conflict-free replicated data type) или механизмов операционной трансформации (OT, operational transformation). В качестве протокола обмена данными можно выбрать между WebRTC и WebSocket. WebRTC обеспечивает организацию прямого соединения между браузерами пользователей, что минимизирует задержки и снижает нагрузку на сервер. С другой стороны, использование WebSocket может быть более простым вариантом, так как предполагает применение центрального сервера для обмена данными. Для реализации данного функционала можно воспользоваться библиотекой Yjs, которая уже включает в себя типы CRDT [8]. Yjs предлагает интеграцию с протоколами WebRTC и WebSocket, а также поддерживает редакторы кода Monaco Editor и CodeMirror.

Заключение. В ходе работы были изучены существующие образовательные платформы и их методы проверки решений задач. Проведен анализ материалов по безопасному запуску недоверенного кода с применением системы контейнеризации Docker. Также выявлены возможности для реализации функционала совместного редактирования кода. Обзор источников позволит перейти к следующему этапу — проектированию интерактивной образовательной системы.

Список литературы

1. Платформа *LeetCode*. URL: <https://leetcode.com/> (дата обращения: 21.01.2025).
2. Платформа *CodeWars*. URL: <https://www.codewars.com/> (дата обращения: 21.01.2025).
3. Платформа *Информатикс*. URL: <https://informatics.msk.ru/> (дата обращения: 21.01.2025).
4. Платформа *HackerRank*. URL: <https://www.hackerrank.com/> (дата обращения: 21.01.2025).
5. Mareš M, Blackham B. A New Contest Sandbox. *Olympiads in Informatics*, 2012;6:100–109.
6. Mareš, M. (2021). Security of Grading Systems. *Olympiads in Informatics*, 15, 37–52.
7. Система контейнеризации *Docker*. URL: <https://docs.docker.com/engine> (дата обращения: 21.01.2025).
8. Бесконфликтные реплицированные типы данных *CRDT*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Conflict-free_replicated_data_type (дата обращения: 21.01.2025).

Об авторах:

Данил Витальевич Голосуев, магистрант направления программной инженерии Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), danil2003.2043@gmail.com

Василий Валерьевич Долгов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), bdolgov@donstu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Danil V. Golosuev, Master's Degree Student in Software Engineering Specialism, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), danil2003.2043@gmail.com

Vasilii V. Dolgov, Cand.Sci. (Engineering), Head of the Computer Engineering and Automated Systems Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), bdolgov@donstu.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 620.1.051, 631.354.2

Изучение патентных решений в области испытательных стендов для рабочих органов молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов

Ф.Ю. Жигайлов, Н.Н. Околелов, А.И. Джаппуев

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Проведен анализ патентных решений, связанных с испытательными стендами для рабочих органов молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов. Описаны конструктивные особенности и принцип работы данных стендов, также представлена сравнительная таблица, отражающая их характеристики. Выделены недостатки существующих решений, что указывает на необходимость доработки. В качестве предложения по усовершенствованию представлена новая конструкция стенда, которая позволяет уменьшить его габариты, повысить технологичность и снизить металлоемкость. Кроме того, предложен ресурсный метод испытаний, направленный на проверку прочности элементов конструкции.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, испытательный стенд, молотильно-сепарирующее устройство, молотильный барабан

Для цитирования. Жигайлов Ф.Ю., Околелов Н.Н., Джаппуев А.И. Изучение патентных решений в области испытательных стендов для рабочих органов молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):33–38.

Studying the Test Bench Patents for the Tools of Grain Harvester Threshing-Separating Devices

Fedor Yu. Zhigailov, Nikolai N. Okolelov, Artur I. Dzhappuev

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article analyses the solutions presented in the test bench patents for the tools of threshing-separating devices of grain harvesters. Design features and principles of operation of the test benches have been described, and their parameters presented in a table for comparison. The shortcomings of existing solutions have been revealed, thus, indicating the need for refinement. New design of a test bench enabling to reduce its dimensions, increase manufacturability and reduce metal consumption has been proposed as a modernising solution. Moreover, the durability-based method for testing the strength of the structural parts has been presented.

Keywords: grain harvester, test bench, threshing-separating device, threshing drum

For Citation. Zhigailov FYu, Okolelov NN, Dzhappuev AI. Studying the Test Bench Patents for the Tools of Grain Harvester Threshing-Separating Devices. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):33–38.

Введение. Процесс проектирования зерноуборочных комбайнов содержит большое количество этапов, последовательное выполнение которых позволяет создавать машины, отвечающие всем требованиям потребителя (надежность, эргономичность и др.). В процессе конструирования перед инженерами стоит задача создать изделие, удовлетворяющее критериям работоспособности. Соответствие этим критериям подтверждается при использовании специальных САЕ-программ или методик расчета.

Процесс проектирования зерноуборочных комбайнов включает множество этапов, последовательное выполнение которых позволяет создавать машины, удовлетворяющие всем требованиям потребителей, таким как надежность, эргономичность и другие. На этапе конструирования инженеры сталкиваются с задачей разработки изделия, которая отвечает критериям работоспособности. Соответствие этим критериям подтверждается с использованием специализированных САЕ-программ и методик расчета.

Тем не менее, широкий функционал этих программ и работа целой команды специалистов не всегда позволяют учесть разнообразие факторов, влияющих на эксплуатацию машин, особенно в условиях сельского хозяйства. Важным этапом проектирования зерноуборочных комбайнов остаются полевые испытания. Однако такие испытания имеют свои недостатки — они требуют значительного времени, зависят от местоположения и сезона полевых работ. С учетом современных темпов производства возникает необходимость в создании испытательных стендов, которые бы имитировали реальные условия эксплуатации без упомянутых ограничений. При этом необходимо, чтобы испытания проводились не только для целого агрегата, но и для его отдельных блоков и узлов.

Одним из ключевых элементов технологического процесса выделения зерна из хлебной массы является молотно-сепарирующее устройство. Его конструкция также требует проверки на испытательном стенде. Начальным этапом при разработке стенда, как и любой другой конструкции, является патентный поиск, который проводится для определения текущего уровня развития техники и дальнейших направлений ее совершенствования.

Цель данного исследования заключается в анализе патентных решений, связанных с испытательными стендами для молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов.

Основная часть. Рассмотрим патент CN208210816U (Китай) «Испытательный стенд для разделения зерна при обмолоте продольным потоком» (рис. 1).

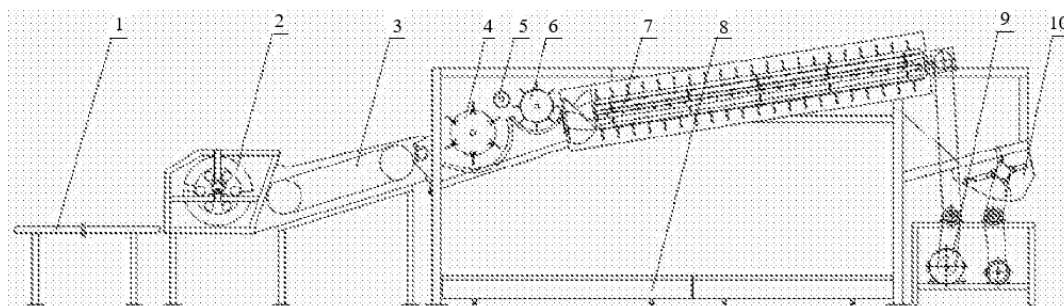


Рис. 1. Испытательный стенд для разделения зерна при обмолоте продольным потоком (патент CN208210816U, Китай) [1]:

1 — устройство для подачи материала; 2 — подающий шнек; 3 — наклонная транспортирующая камера; 4 — поперечный механизм обмолота; 5 — вспомогательное подающее колесо; 6 — принудительное подающее колесо; 7 — продольный механизм обмолота; 8 — приемный лоток; 9 — двигатель с регулируемой частотой вращения; 10 — устройство для измельчения соломы

Полезная модель относится к испытательному устройству для уборки зерновых, в частности, к испытательному стенду, предназначенному для обмолота и сепарации зерна в продольном потоке. Она нацелена на решение проблем, описанных в предшествующем уровне техники, и предлагает инновационный подход к созданию стенда, способного имитировать и воспроизводить процесс обмолота, сепарации и очистки. Этот стенд учитывает весь процесс сдвигового потока и вертикального осевого потока, что обеспечивает получение данных о производительности и рабочих параметрах ключевых компонентов, необходимых для надежного проектирования.

Во время испытаний обмолачиваемая культура подается с помощью устройства 1 к шнеку 2, который, в свою очередь, передает массу в наклонную транспортирующую камеру 3. Из этой камеры масса попадает в поперечный механизм обмолота 4 и далее в продольный механизм обмолота 5. Это позволяет смоделировать и воспроизвести весь процесс обмолота и сепарации в реальном времени, а также комплексно изучить характеристики этих механизмов, что позволяет получить ключевые параметры для обмолота. Мелкие примеси просыпаются в приемный лоток 8, в то время как солома направляется в устройство 10.

Конструктивные параметры стенда создают надежную основу для выполнения испытаний. Вспомогательное подающее колесо 5 и принудительное подающее колесо 6, расположенные параллельно молотильному барабану, располагаются между поперечным молотильным механизмом 4 и продольным молотильным механизмом 7. Это расположение обеспечивает плавное движение массы вдоль стенда, что делает результаты испытаний более стабильными и надежными.

Рассмотрим патент CN113545218A (Китай) «Испытательный стенд комбинированной уборочной системы для рапса» (рис. 2).

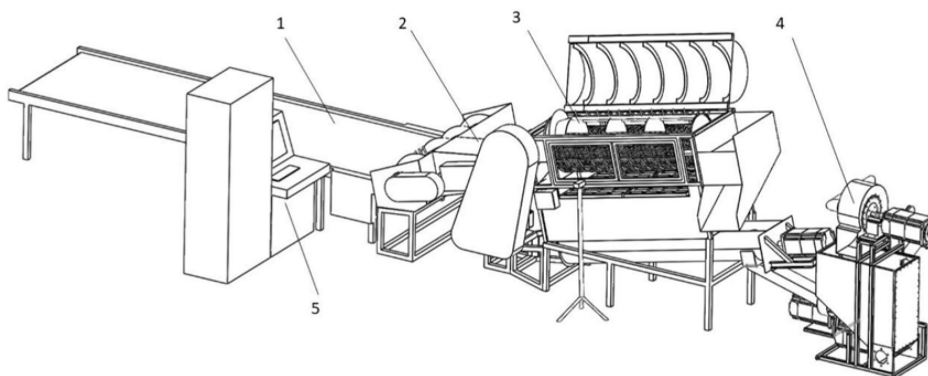


Рис. 2. Испытательный стенд комбинированной уборочной системы для рапса (патент CN113545218A, Китай) [2]:
1 — конвейерная лента; 2 — жатка; 3 — устройство разделения продольно-осевого обмолота; 4 — циклонное устройство разделения и очистки; 5 — система измерения и управления

Во время работы шкаф управления запускает каждый двигатель и рабочие части. Рапс поступает в жатку 2 через устройство подачи материала конвейерного типа 1 и измельчается на короткие стебли в жатке 2, короткие стебли собираются в канале подачи материала. Затем они поступают в устройство для вертикального и осевого обмолота и сепарации 3, где стручки рапса измельчаются вертикальным осевым молотильным барабаном. В это время система высокоскоростной съёмки может зафиксировать траекторию движения семян рапса и отправить результат обратно в блок управления. Если необходимо проанализировать пространственные характеристики распределения семян рапса, можно разместить сборник вымолоченного материала под вогнутым ситом, определить массу каждого ящика для сбора зерна с помощью датчика качества и отправить результат обратно в компьютерное программное обеспечение для завершения анализа пространственных характеристик распределения семян рапса. В противном случае, если не требуется вышеуказанный анализ, пробоотборник может быть вытянут, семена рапса и часть остатков при этом могут проходить через вогнутое сито непосредственно в нижний шнек для подъема вороха и транспортироваться к метательной машине циклонной сепарационной системы очистки 4. Отделенные короткие стебли выгружаются из задней части молотильно-сепарирующего устройства. Зерна и часть остатков, поступающих в метатель, выбрасываются в циклонный сепарационный барабан под действием высокоскоростного вращения рабочего колеса метателя. Рабочее колесо центробежного вентилятора вращается с высокой скоростью и соединено трубой с циклонным сепарационным барабаном. Вдоль всасывающей трубы в цилиндре образуется поле воздушного потока с отрицательным давлением, и более тяжелые зерна рапса попадают из выпускного отверстия для зерна в шнек для подъема зерна и поднимаются в бункер для зерна. Более лёгкий мусор поднимается под действием воздушного потока с отрицательным давлением в вентилятор и выбрасывается из машины.

Рассмотрим патент CN108076852A (Китай) «Испытательный стенд для обмолота пшеницы молотильным устройством зерноуборочного комбайна» (рис. 3).

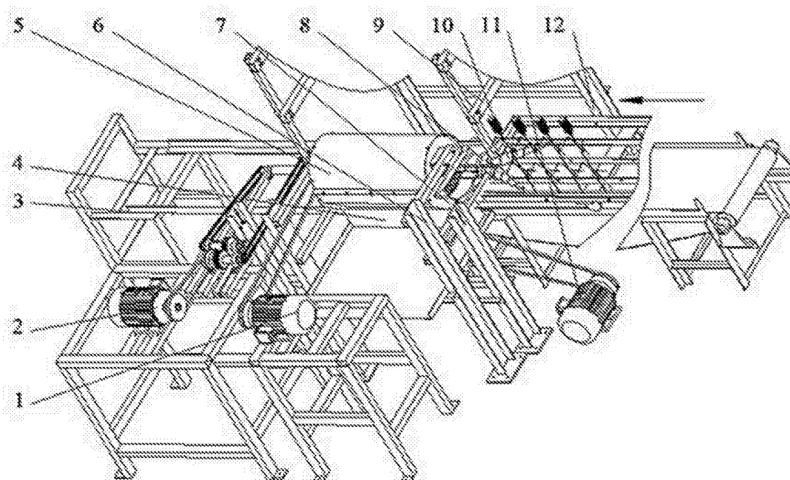


Рис. 3. Испытательный стенд для обмолота пшеницы молотильным устройством зерноуборочного комбайна (патент CN108076852A, Китай) [3]: 1 — приводной двигатель барабана; 2 — приводной двигатель шнекового конвейера; 3 — направляющая каретки; 4 — распределительная коробка; 5 — устройство для захвата; 6 — опорная рама барабана; 7 — опорная рама нижнего шнекового конвейера; 8 — нижний шнековый конвейер; 9 — опора верхнего шнекового конвейера; 10 — верхний шнековый конвейер; 11 — приводной двигатель тележки; 12 — тележка

Изобретение относится к области сельскохозяйственной техники, в частности, к испытательному стенду для молотильного аппарата зерноуборочного комбайна.

Режим работы молотильного устройства зерноуборочного комбайна для уборки пшеницы следующий. Тестируемая пшеница закрепляется на тележке, тележка приводится в движение по направляющей тележки 3 под приводом приводного двигателя тележки 11, чтобы имитировать рабочее состояние молотильного устройства в полевых условиях. Когда пшеница поднимается и опускается, V-образный выпуск, образованный конусообразной секцией шнекового транспортера, поступает в молотильное устройство под руководством и поддержкой верхнего 10 и нижнего 8 шнековых транспортеров. Пшеница, поступающая в молотильное устройство, завершает операцию обмолота под опорой шнекового транспортера, и зерно проходит через вогнутую форму молотильного устройства. Доска отделяется, и закрепленный на тележке стебель выгружается из осевого выходного отверстия молотильного устройства. На этом испытательном стенде в основном изучается влияние показателей производительности молотильного устройства на конструкцию и параметры движения молотильного устройства, размер решета, наклон зубьев пластины, длину молотильного устройства и скорость вращения барабана. Устройство выполняет обмолот, и зерно, часть колоса и короткий стебель сбрасываются в приёмный ящик через гравитационную пластину молотильного устройства, а обмолоченная пшеничная солома выгружается из осевого травяного выхода молотильного устройства. На этом этапе процесс обмолота завершается, и подача электроэнергии на соответствующее рабочее устройство отключается.

Рассмотрим патент CN108207347A (Китай) «Испытательный стенд для обмолота зерна и метод испытаний обмолота с использованием этого стенда» (рис. 4).

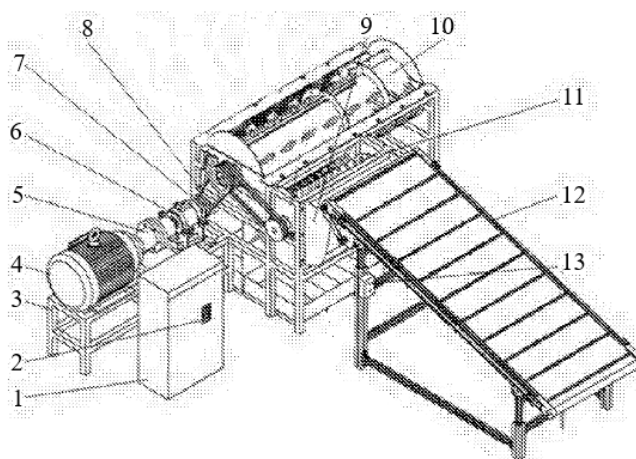


Рис. 4. Испытательный стенд для обмолота зерна и метод испытаний обмолота с использованием этого стенда (патент CN108207347A, Китай) [4]: 1 — шкаф электрического управления; 2 — инвертор; 3 — рама; 4 — двигатель; 5 — муфта; 6 — прибор для измерения крутящего момента; 7 — шкив; 8 — ремень; 9 — загрузочный бункер; 10 — горизонтальный барабан; 11 — подающий барабан; 12 — конвейерная лента; 13 — регулятор

Зерно поступает в загрузочный бункер 9 через несколько конвейерных лент, а затем через загрузочный бункер 9 поступает в отсек для обмолота. Цилиндрические зубья на подающем барабане 11, вращающемся в молотильном ящике, ударяются о зерно, некоторые зерна проваливаются и просыпаются из нижней части молотильного ящика, в частности, просыпаются через отверстия сита на решетчатой плите и попадают в ящик для сбора. При этом после того, как зерно попадает в молотильный ящик, оно поступает в первый и второй подбарабанные зазоры под действием подающего 11 и горизонтального 10 барабанов, расположенных с наклонными рядами зубьев, а зубья пространственно наклонены. Эффект перемещения материала также усиливает действие молотилки. Ряд зубьев вращающегося подающего барабана 11 ударяет по зерну, расчесывает его и продвигает зерно к концу. При вращении горизонтального барабана 10 зерно вдавливаются в перегородку сита, и ряд ударяющих зубьев и ряд пластинчатых зубьев перегородки сита продолжают ударять и дробить зерно соответственно так, что зерно просыпается в достаточной степени и движется вдоль горизонтальной оси.

Рассмотрим патент CN108918172A (Китай) «Испытательное устройство для обмолота кукурузы, способное тестировать и контролировать множество параметров» (рис. 5).

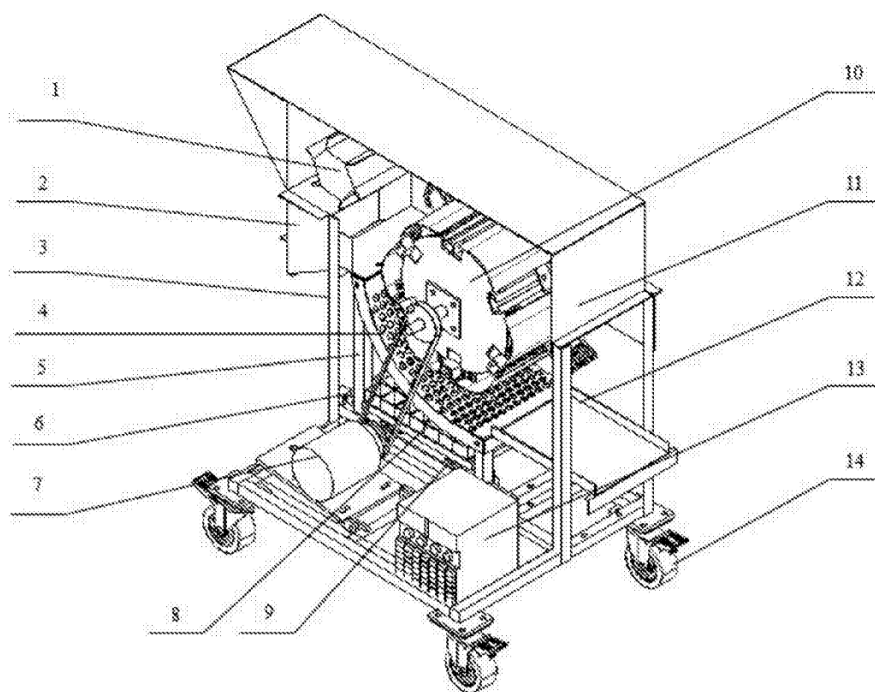


Рис. 5. Испытательное устройство для обмолота кукурузы, способное тестировать и контролировать множество параметров (патент CN108918172A, Китай) [5]: 1 — вытяжной барабан; 2 — выпускное отверстие; 3 — рейка; 4 — вогнутая молотильная пластина; 5 — рифленый кронштейн; 6 — шнековый двигатель; 7 — привод грануляционного барабана; 8 — приемный ящик; 9 — подъемный механизм; 10 — молотильный барабан; 11 — кожух; 12 — конвейер; 13 — система управления; 14 — колесо

Когда начинается испытание, приёмная коробка помещается в приёмный лоток, а зажимная пластина устанавливается между приёмной коробкой и приёмным лотком. Приёмная коробка фиксируется зажимным болтом, чтобы избежать вибрации во время испытания. Молотильный барабан 10 приводится во вращение двигателем 7, а кукуруза подается в зазор для обмолота, образованный вогнутой молотильной пластиной 4 и молотильным барабаном 10, с помощью транспортирующего устройства 12 и обмолачивается под действием молотильного элемента и вогнутой молотильной пластины 4. Материал, подлежащий удалению, попадает в приёмный ящик 8 через вогнутую молотильную пластину 4, и система управления 13 может отслеживать изменение количества материала в каждом квадратном ящике в режиме реального времени. Обмолоченные кукурузные початки выбрасываются вдоль конца вогнутой молотильной пластины 4 через выпускное отверстие 2. Зазор между барабаном 10 и пластиной 4 регулируется двигателем 6 и подъёмным механизмом 9. По окончании испытания приёмный ящик 8 извлекается, и каждая квадратная коробка вынимается для отбора проб, наблюдения и анализа. В качестве экспериментальной машины необходимо часто менять различные молотильные элементы и вогнутую молотильную пластину 4, а также многопараметрическое измерительное и управляющее устройство для обмолота кукурузы по настоящему изобретению, приёмный ящик 8 и кронштейн 5 вогнутой пластины 4.

Для наглядного представления патентной информации по стендам и сравнения предлагаемых конструктивных решений сведём данные в таблицу 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика патентных решений испытательных стендов

№ патента	Использование растительной массы (заменителя) для испытаний	Замкнутый цикл движения растительной массы (заменителя)	Проверка протекания технологического процесса	Испытание рабочих органов и элементов конструкции на ресурс (проверка на прочность)
CN208210816U	Да (н/д)	Нет	Да	Нет
CN113545218A	Да (н/д)	Нет	Да	Нет
CN108076852A	Да (н/д)	Нет	Да	Нет
CN108207347A	Да (н/д)	Нет	Да	Нет
CN108918172A	Да (н/д)	Нет	Да	Нет

Заключение. Существующие в настоящее время патенты по испытательным стендам для рабочих органов молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов предлагают схожие по конструкции решения. Все они предназначены для проверки протекания технологического процесса, что обусловлено сложностью визуального наблюдения и контроля всех параметров при полевых испытаниях. При этом предлагается использовать растительную массу, однако не учитывается, что при существующей производительности зерноуборочных комбайнов необходима подача больших объемов массы в единицу времени. Одна и та же растительная масса не может использоваться многократно, так как сильно повреждается в процессе обмолота. Здесь же следует учитывать и образование пыли, необходимость в герметизации стенда и т.д.

Существующие программы для DEM моделирования позволяют многосторонне и с достаточной точностью проверить протекание технологического процесса. Тогда более актуальной задачей становится испытание рабочих органов и элементов конструкции на ресурс (проверка на прочность). Для повышения технологичности стоит рассмотреть возможность использования заменителя растительной массы с замкнутым циклом движения, что положительно повлияет на габариты, металлоемкость стенда и теоретически позволит проводить ускоренные испытания.

Список литературы

1. Mu Senlin, Tang Qing, Jiang Tao, Wang Gang, Guan Zhuohuai, Wu Chongyou. *Cut Longitudinal Flow Grain Threshing Separation Test Bench*. Patent No. CN208210816U. 2018. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/064510225/publication/CN208210816U?q=pn%3DCN208210816U> (дата обращения: 20.01.2025).
2. Wan Xingyu, Liao Qingxi, Tang Xudong, Liao Yitao, Yuan Jiacheng, Yang Jia. *Test bench of rape combined harvesting system*. Patent No. CN113545218A. 2021. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/078131556/publication/CN113545218A?q=pn%3DCN113545218A> (дата обращения: 20.01.2025).
3. Zhou Baodong. *Combine Harvester Threshing Device Test Stand for Wheat*. Patent No. CN108076852A. 2018. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/062168404/publication/CN108076852A?q=pn%3DCN108076852A> (дата обращения: 20.01.2025).
4. Zhang Hongmei, Yang Liquan, Zhang Boyang, Wang Wanzhang, Li Xiangfu, Zhu Chenhui, et al. *Grain Threshing Test Bench and Threshing Test Method Applying Same*. Patent No. CN108207347A. 2018. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/062670233/publication/CN108207347A?q=pn%3DCN108207347A> (дата обращения: 20.01.2025).
5. Ma Zheng, Han Min, Li Yaoming, Yu Shuncheng, Wang Jianting, Xu Lizhang, et al. *Corn Threshing Test Device Capable of Testing and Controlling Multiple Parameters*. Patent No. CN108918172A. 2018. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/064423245/publication/CN108918172A?q=pn%3DCN108918172A> (дата обращения: 20.01.2025).

Об авторах:

Федор Юрьевич Жигайлов, магистрант Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), 3fedor_zhigaylov_sr_3@mail.ru

Николай Николаевич Околев, магистрант Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

Артур Исламович Джампиев, магистрант Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Fedor Yu. Zhigailov, Master's Degree Student of the Institute of Advanced Mechanical Engineering "Rostselmash", Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), 3fedor_zhigaylov_sr_3@mail.ru

Nikolai N. Okolev, Master's Degree Student of the Institute of Advanced Mechanical Engineering "Rostselmash", Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation)

Artur I. Dzhampiev, Master's Degree Student of the Institute of Advanced Mechanical Engineering "Rostselmash", Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation)

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.032.26

Мониторинг динамики изменений технологических параметров процесса строительства скважины на основе методов искусственного интеллекта

А.В. Скуридин

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Изучена проблема мониторинга и анализа данных показаний датчиков в контексте геофизического каротажа, применяемого в горнодобывающей отрасли. Рассмотрены ключевые трудности, связанные с обработкой больших объемов данных, которые возникают из-за неоднородности геофизических и механических параметров, сопутствующих процессу бурения, а также из-за сложности ранней идентификации признаков аварийных ситуаций в ходе строительства скважин. Проведен обзор современных методов искусственного интеллекта, включая разработку нейронных сетей и мультимодальных систем, направленных на автоматизацию расшифровки временных диаграмм показаний датчиков и параметров работы технологического оборудования. В работе описана структура и функциональные возможности современных программных решений, которые используют методы искусственного интеллекта для прогнозирования и минимизации аварийных ситуаций в процессе проводки ствола скважины. Также проведена оценка актуальности и эффективности внедрения в процесс бурения систем мониторинга и обработки данных в режиме реального времени, основанных на методах искусственного интеллекта с открытым исходным кодом.

Ключевые слова: анализ больших данных, большие языковые модели (LLM), нейронные сети, мультимодальные системы, процесс бурения, геознергетика

Для цитирования. Скуридин А.В. Мониторинг динамики изменений технологических параметров операций в процессе строительства скважины на основе методов искусственного интеллекта. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):39–45.

Using Artificial Intelligence Methods for Monitoring the Dynamics of Changes in Technological Parameters of Well Construction Process

Anton V. Skuridin

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The problem of monitoring and analysing sensor readings received during geophysical logging in the mining industry has been studied. The key problems of big data processing caused by the heterogeneity of geophysical and mechanical parameters inherent to drilling, as well as by the difficulty of early detection of the emergency situation signs during construction of a well, have been investigated. The advanced artificial intelligence methods have been reviewed including that referring to development of neural networks and multimodal systems for automatic decoding the time charts of sensor readings and process equipment operation parameters. The paper has described the structure and functional capacities of the modern artificial-intelligence-based software solutions for predicting and minimizing the emergency situations during drilling a well. Relevance and efficiency of implementing into well drilling process the real-time monitoring and data processing systems based on the open-source artificial intelligence methods have also been assessed.

Keywords: big data analysis, large language models (LLM), neural networks, multimodal systems, drilling process, geoenergy engineering

For Citation: Skuridin AV. Using Artificial Intelligence Methods for Monitoring the Dynamics of Changes in Technological Parameters of Well Construction Process. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):39–45.

Введение. Геоэнергетическая отрасль, включающая в себя бурение и эксплуатацию нефтегазовых месторождений, составляет основу сырьевой экономики. Однако, в условиях появления новых видов энергоносителей и перехода мировых потребителей к устойчивой энергетике, эта отрасль сталкивается с необходимостью модернизации и финансовой оптимизации своих производственных процессов. В последние годы, после снижения общего числа буровых установок в мире в период с 2012 по 2022 год, количество таких установок вновь демонстрирует рост [1]. Внедряются новые более эффективные технологии, повышается уровень автоматизации бурового оборудования, но их эксплуатация сопряжена с рядом проблем, среди которых можно выделить сложности управления, высокую аварийность и значительные финансовые потери в случае неэффективного использования.

Современные буровые установки представляют собой сложные технические комплексы, где высокая организованность работ, своевременность проводимых манипуляций и оперативность принятия решений играют ключевую роль в обеспечении эффективной и безопасной эксплуатации оборудования. Для выполнения этих требований требуется быстрая обработка и качественный анализ информации, полученной в ходе работ. Поддержание оптимального режима проводимых операций требует измерения и контроля широкого спектра механических и гидравлических характеристик. Эту задачу решают различные системы датчиков и приборов, работающие на буровой установке в непрерывном режиме. Одной из таких систем является станция геолого-технических исследований, которая контролирует совокупность механических и геологических условий в процессе бурения.

Однако важным нюансом остается невозможность использования датчиков в самом стволе скважины: все замеры проводятся непосредственно на буровой, и только после этого полученные сигналы с оборудования направляются в центральную компьютерную систему — сервер с базой данных, где они обрабатываются в режиме реального времени и визуализируются в виде диаграмм.

Анализ динамики изменения параметров, характеризующих состояние процесса бурения, является одним из ключевых моментов при проведении буровых работ. Тем не менее, на сегодняшний день все виды и этапы работ, связанные с анализом динамики процесса бурения, контролируются операторами-геофизиками, которые отслеживают состояние системы и своевременно информируют буровой персонал о любых отклонениях от проектных значений. Если какой-либо показатель выходит за допустимые пределы или демонстрирует нетипичное поведение, оператор незамедлительно оповещает бурильщика, который принимает необходимые меры для устранения проблемы.

Количество наблюдаемых и регистрируемых параметров может варьироваться в зависимости от специфики самой операции бурения. При этом общее число показателей, описывающих режим работы оборудования, условия бурения и геологический разрез ствола, может достигать 90 различных типов числовых или графических данных. Не менее важным является описание и составление хронологического порядка проводимых операций. Формирование и документирование хронологической последовательности выполняемых операций также играют значительную роль. Диаграммы визуально разбиваются на отдельные подпункты, и после этого их описание вместе с сопутствующими геофизическими и механическими характеристиками вносится в журнал геофизических исследований. Хронологическое описание является основным документом для анализа и подготовки промежуточных или итоговых отчетов, а также для разделения всех проведенных работ на этапы строительства скважины.

Таким образом, работа оператора-геофизика представляет собой трудоемкий процесс, подверженный человеческим ошибкам и финансовым потерям, оцениваемым в миллионы рублей. Именно поэтому автоматизация этого процесса имеет значительный потенциал и открывает возможности для оптимизации процесса бурения и повышения его эффективности.

Целью исследования является оценка возможностей повышения эффективности буровых работ при проведении строительства скважин на основе интеграции искусственного интеллекта в процесс мониторинга динамики технологических параметров бурения, а также анализ перспектив создания автономных систем для диагностики и прогнозирования аварийных ситуаций. В представленной работе приведены и проанализированы методы мониторинга, анализа и использования информации, полученной в ходе буровых работ, технологические решения для реализации программно-аппаратного комплекса мониторинга, а также оценена совместимость современных методов искусственного интеллекта с программно-вычислительными комплексами в нефтегазовой сфере.

Краткий обзор методов мониторинга геофизической информации в режиме реального времени. Традиционные подходы к мониторингу предполагают наличие высококвалифицированных геофизиков-операторов, которые обязаны осуществлять непрерывное наблюдение и анализ поступающих от комплексов датчиков данных. Ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности производственных процессов играет правильная интерпретация наблюдаемых отклонений параметров процесса бурения от проектных значений, а также оперативная передача данных в центральную компьютерную систему. Это способствует предотвращению аварийных ситуаций, сокращению непроизводительного времени, потраченного на простои, износ или поломку оборудования и агрегатов, а также минимизирует временные потери, связанные со свинчиванием буровых труб, что в конечном итоге ведет к повышению общей эффективности выполняемых процессов. Примером признака начала

аварийной ситуации может служить медленное (0.1–0.3 МПа в час) увеличение давления промывочной жидкости на входе скважины по сравнению с расчетными значениями, вызванное зашламованностью затрубного пространства. При достижении критического значения может произойти прихват бурового инструмента, что приведет к обрыву и потере дорогостоящего оборудования.

В отличие от традиционных методов, внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ), таких как нейронные сети и большие языковые модели (LLM), способно радикально изменить подход к анализу, мониторингу и управлению буровыми работами [2]. Замена ручного заполнения хронологических списков операций в геологических журналах на автоматизированный анализ временных рядов диаграмм методами ИИ, а также составление списка операций и их вывод в режиме реального времени открывают новые возможности для повышения качества и детализации анализа данных. Выявление отклонений от проектных параметров и режимов работ с помощью моделирования возможных отклонений на ранних этапах позволит принимать корректирующие меры, предупреждающие предаварийные ситуации. Однако для использования методов автоматического определения этапов работ требуется решить несколько характерных для отрасли задач.

Во время работы оборудования происходит накопление больших объемов информации. Стандартная периодичность передачи данных от комплекса оборудования составляет одну секунду. После получения параметров программой реального времени информация сохраняется в локальную базу данных, откуда она по запросу перенаправляется пользователям и выводится в виде диаграмм. Из-за значительного количества параметров база данных обычно имеет внушительные размеры: суточный объем накопленной информации может достигать 5 гигабайт. Передача полученных показаний датчиков на удаленные устройства может быть осложнена или даже невозможна без предварительной обработки данных из-за нестабильности и ограниченности каналов передачи информации. Поскольку объекты проведения работ зачастую находятся в удаленных и труднодоступных регионах, не имеющих стабильного канала связи с серверным оборудованием, полученную информацию необходимо предварительно разделить на основные и сопутствующие пакеты, не используемые в вычислениях. Далее потребуется провести первичную обработку и анализ с помощью методов ИИ для выбора операций, требующих обработки, а затем передать информацию на облачное оборудование для дальнейших манипуляций. Благодаря развитию современных методов вычислений в области искусственного интеллекта эта проблема становится решаемой. Предварительная обработка позволяет использовать в данном процессе локальные модели LLM, не требующие сложного оборудования и больших вычислительных мощностей.

Еще одной проблемой является необходимость наличия больших объемов предварительно подготовленных данных. По мере обучения нейронной модели потребуется наличие опытного персонала на станции геофизических исследований, который будет проводить анализ и интерпретацию выводимых в процессе работы диаграмм, а также разметку данных, необходимую для правильного обучения модели временных рядов. Использование накопленной информации из существующих работ на строящихся или завершенных скважинах позволит обучить модели перед началом работ, что позволит вносить на объекте только корректировки при небольших отклонениях или не учтенных на этапе проектирования системы операциях.

При проведении геофизических исследований основным методом мониторинга и анализа информации является обработка показаний датчиков на станции геолого-технических исследований (ГТИ). Эта стратегия относится к локальным методам мониторинга. Станция ГТИ собирает показания приборов о состоянии процесса бурения с устройства связи объекта (УСО) и выводит синхронизированные по времени данные в виде графиков-диаграмм. Далее информация анализируется специалистом-геофизиком, составляется повременная расшифровка произведенных работ и временных интервалов с отклонениями от проектных параметров, создается предварительный отчет. После этого данные систематизируются, разделяются на категории и этапы и передаются в систему контроля и мониторинга. На этапе расшифровки и интерпретации временных рядов происходит привязка последовательности проведенных манипуляций к временной шкале с округлением к ближайшей целой единице времени. Это приводит к потере точности сбора данных, вызывая накопительную ошибку к моменту подсчета предварительных итогов работ.

Из-за сложности корректной идентификации операций стандартными методами при однотипных манипуляциях, связанных с различными горно-геологическими условиями и оптимальными режимами работы оборудования, средства автоматического анализа поступающей информации в процессе бурения находятся в разработке, а расшифровка выводимых диаграмм выполняется на основе визуальной оценки геолога-исследователя. Применение автоматизированных комплексов, помимо явных преимуществ перед человеком в точности и скорости работы, может освободить оператора от утомительного непрерывного контроля за действиями на буровой установке, что приведет к более качественному наблюдению за критически важными параметрами бурения. Контроль технологических параметров и учет последовательности действий также может осуществляться дистанционно из удаленного офиса. Однако из-за особенностей одновременного наблюдения за всеми объектами, где ведутся строительные или другие виды работ, каждому отдельному объекту уделяется меньше внимания, чем требуется для качественного мониторинга.

Таким образом, традиционные методы, в сравнении с автоматизированными системами мониторинга и анализа информации, основанными на применении нейронных сетей, не могут обеспечить необходимого качества и эффективности обработки большого объема собираемых данных. Кроме того, внедрение систем автоматизации контроля процесса буровых работ не меняет сложившуюся модель взаимодействия узлов передачи и обработки, но качественно дополняет ее. Поэтому использование новых методов не потребует значительных изменений в существующих системах мониторинга и анализа информации.

Оценка технологических решений для реализации требований сетевой инфраструктуры. В настоящее время активно ведётся исследование и разработка новых методов анализа данных, поступающих с бурового оборудования, с использованием систем искусственного интеллекта. В числе положительных аспектов таких подходов возможность работы с более обширным спектром параметров, которые косвенно относятся к проводимым работам, но предоставляют ценные сведения и дополняют основные наблюдаемые критерии.

Для оптимального использования возможностей исследований с применением методов искусственного интеллекта предлагается разработка схемы интеграции систем анализа на основе нейронных сетей в рамках существующих программно-аппаратных комплексов, контролирующих и мониторящих буровые работы. В частности, можно представить структуру взаимодействия комплекса автоматизированного сбора геолого-технической информации (DTCIS) с дополнительными модулями, обеспечивающими выполнение необходимых манипуляций с данными и возвращающими в базу данных итоговые результаты обработки. Эта схема не только обеспечит интеграцию, но также повысит производительность анализа данных.

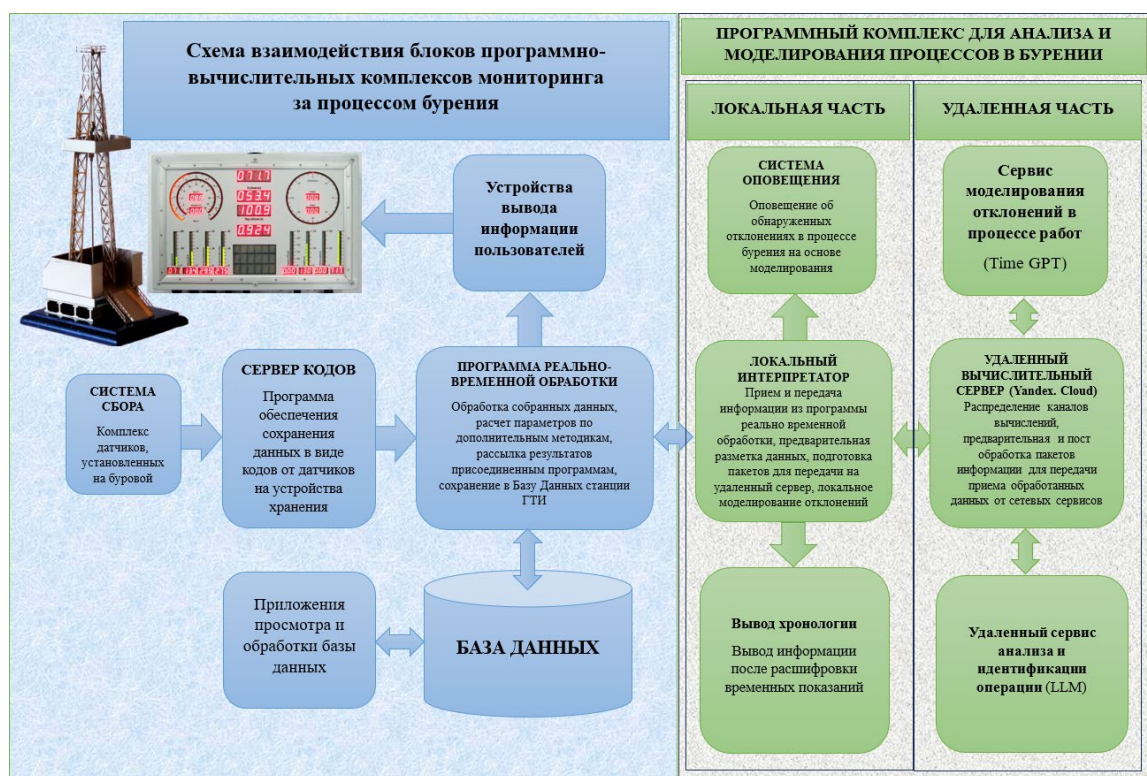


Рис. 1. Архитектура систем мониторинга и анализа реально-временных показаний с внедрением методов ИИ

Разработанная система включает несколько ключевых компонентов. Программно-аппаратный комплекс сбора и вывода информации (DTCIS) служит основным инструментом для сбора данных и их визуализации в виде диаграмм, что позволяет оперативно проводить оценку текущих режимов и параметров бурения, а также контролировать и визуально интерпретировать проводимые операции. Модуль локальной предварительной обработки, реализуемый на основе Python и локальной LLM, отвечает за первоначальную обработку поступающих данных. Он делит непрерывный поток информации в реальном времени на отдельные элементы, автоматизирует разметку временного ряда, отсекает ненужные для дальнейшего анализа параметры и отправляет необходимые пакеты информации на удалённый сервер. Дополнительно локальный модуль моделирует вероятные отклонения, предсказывая изменения параметров в процессе бурения для заблаговременного предупреждения о возможных аварийных ситуациях.

Модуль облачных вычислений, также реализованный на Python с использованием Yandex.Cloud и GPT, осуществляет обработку данных, получаемых от модуля локальной предварительной обработки. Это средство не только анализирует и распределяет поступающие пакеты между сервисами, но и объединяет предварительные

результаты анализа с количественными характеристиками, возвращая итоговые результаты на локальный модуль для дальнейшей передачи в DTCIS. Примером такого модуля может служить облачная платформа Yandex.Cloud, обеспечивающая возможность выполнения манипуляций с данными любого типа и проведения вычислений на удалённом серверном оборудовании, что повышает эффективность системы и снижает технические требования для локального сервера.

Созданная схема взаимодействия локальных и облачных модулей позволяет достигать высококачественных результатов обработки и анализа информации без привлечения мощных вычислительных ресурсов и дорогостоящего оборудования на объекте проведения работ. Это делает возможным выполнение вычислений для прогнозирования аварийных ситуаций и качественного анализа полученных данных на стабильно работающем оборудовании в дата-центре.

Оценка современных программных продуктов показывает, что внедрение искусственного интеллекта в добывающую отрасль знаменует переход от традиционных методов обработки информации к более интеллектуальным и эффективным. В последние годы исследователи и практики всё чаще применяют большие языковые модели (LLM) для анализа и обработки наборов данных временных рядов. Использование нейронных сетей предполагает применение передовых технологий искусственного интеллекта для выполнения комплексного анализа и использования когнитивных функций, позволяющих автоматическим системам решать ранее недоступные задачи [2]. В горнодобывающей и геоэнергетической отраслях такой подход может обеспечить аналитическую обработку на различных этапах операций, позволяя проводить предварительную аналитику и принимать решения в процессе бурения и добычи полезных ископаемых, а также заранее прогнозировать поломки и организовывать превентивное техническое обслуживание оборудования. Это в свою очередь приведёт к значительной оптимизации процессов и повышению уровня безопасности при выполнении работ [3, 4].

На практике можно встретить программные продукты, которые обеспечивают предварительную обработку числовых массивов, применяя метод маскирования данных с комментированием каждого временного интервала соответствующим описанием. Ярким примером является платформа Time LLM, которая позволяет обрабатывать временные ряды методами, аналогичными тем, что применяются для работы с языками. Эта платформа, указав периодичность события и дополнительные переменные, может предсказать поведение определённого параметра во времени или его динамику изменений, что даёт возможность контролировать режим работы связанного с параметром оборудования и предсказывать достижение критических значений (рис. 2).

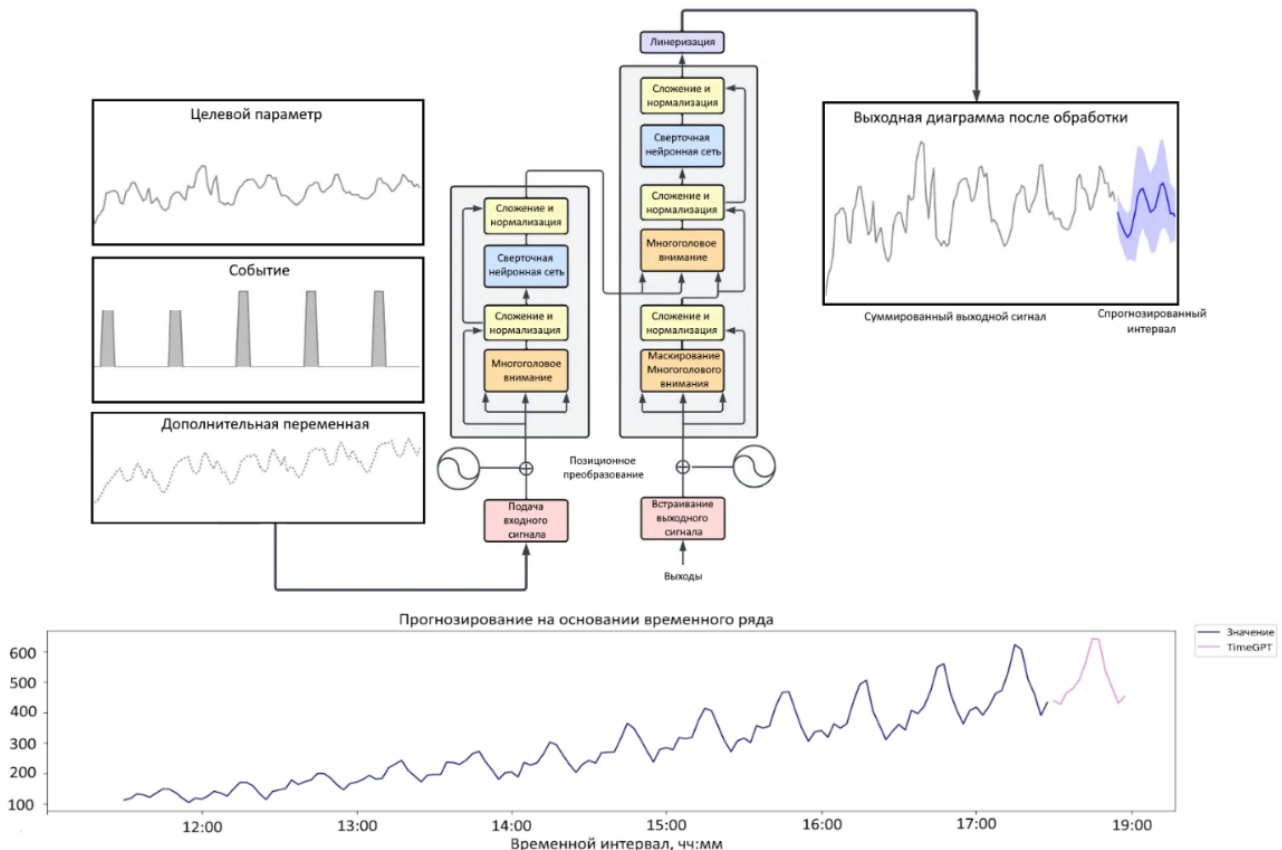


Рис. 2. Прогнозирование критического повышения значения параметра в течении времени на основе временного ряда при использовании платформы Time LLM

Используя эту методику, можно достичь многообещающих результатов. Так, Time LLM способен смоделировать наступление критического события и предупредить об отклонении от нормального поведения скважины во время работы оборудования. Он также может оповестить о возможной опасности газо-нефтепроявления на основе увеличения скорости потока промывочной жидкости, выходящей из скважины, даже если это повышение остаётся на незначительном уровне, незаметном для оператора-геофизика (0,1–0,3 л/сек). Это даст возможность вовремя уведомить бурильщика и предоставить рабочему составу бурового станка дополнительное время для предотвращения аварийной ситуации.

Геоэнергетическая отрасль обильно генерирует разнообразные типы данных, включая журналы бурения и освоения скважин, сейсмограммы, образцы керна, диаграммы и графики геофизических исследований, а также числовые массивы показаний датчиков, получаемых в процессе технологических операций бурения скважин. Это разнообразие данных требует разработки определённого подхода для их анализа и объединения. Современные методы включают создание адаптивных моделей, которые учитывают широкий спектр факторов. Такие модели позволяют использовать геологические данные, технические характеристики оборудования, условия работы и сведения о предшествующих операциях, чтобы достичь необходимых результатов в прогнозировании и мониторинге процессов бурения.

Например, пакет информации для анализа может содержать показания датчика веса бурильного инструмента, нагрузки на долото, давления на забое, скорости проходки и результаты телеметрии забойной телесистемы. В дополнение к числовым данным к анализу могут быть добавлены фотографические материалы образцов керна, отобранных в интервалах бурения горных пород промежуточных горизонтов на смежных площадях (рис. 3) [5].

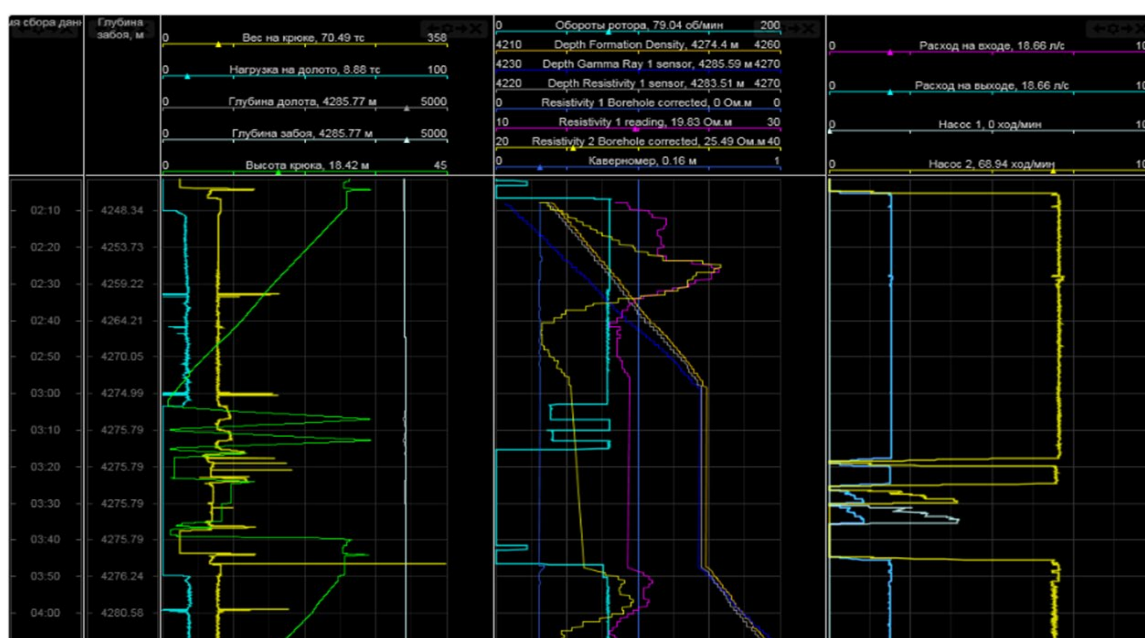


Диаграмма бурения в интервале 4246–4285м.



Образцы отобранного керна в процессе бурения соседней скважины на данном интервале залегания

Рис. 3. Мультимодальные данные для работы с нейронной моделью LSTM

Одной из заслуживающих внимания разработок является улучшенный алгоритм AFSA, который производит интеграцию мультимодальных данных в прогнозные модели добычи углеводородов в режиме реального времени и используется в сочетании с сетью долговременно-кратковременной памяти (LSTM). В работе «Integrating multi-modal data into AFSA-LSTM model for real-time oil production prediction» [5] предложены различные способы обработки разного типа геофизической информации с использованием отличающихся статистических моделей машинного обучения и LLM. Одним из методов, предложенных авторами статьи, является использование Llama2 и

ChatGPT с применением маскирования подаваемых пакетов моделью K2 — надстройкой для геофизических исследований. Эта модель была обучена на специфической отраслевой терминологии и массиве разнородной информации, что позволило улучшить точность ответов и адаптацию модели к профильным задачам на 90% по сравнению с нейронной моделью без мультимодальных данных. Также авторы статьи использовали большие языковые модели Time GPT и Time LLM для анализа эксплуатационных характеристик и последующего прогнозирования сбоев в работе глубинного насосного оборудования. Это позволило перейти от реактивного к превентивному техническому обслуживанию, не дожидаясь момента поломки оборудования.

Заключение. В результате исследования можно сделать вывод, что новые методы машинного обучения позволяют анализировать большие объемы разнородной геофизической информации с высокой точностью и прогнозировать аварийные ситуации до их появления, что крайне сложно или практически невыполнимо при использовании традиционных аналитических методов. В геофизических исследованиях применимо множество моделей нейронных алгоритмов, и данный факт свидетельствует о высокой востребованности методов машинного обучения на любом объекте производства работ.

Одной из ключевых проблем в отрасли геоэнергетики является правильный и своевременный анализ информации при мониторинге динамических изменений технологических параметров в процессе производства работ. Авторы исследования предлагают решать эту проблему с помощью методов искусственного интеллекта в системах реального времени, обрабатывающих информацию, поступающую с устройств сбора, что позволяет автоматизировать этот процесс. Разработанное решение, основанное на использовании нейронных сетей и мультимодальных систем, способствует повышению качества анализа и оперативности обработки данных, выявляя скрытые зависимости между этими данными и обеспечивая раннее обнаружение отклонений от проектных значений и рассчитанных режимов, минимизируя количество аварийных ситуаций. Это, в свою очередь, обеспечивает общую эффективность, стабильность и безопасность при проведении буровых работ.

Список литературы

1. *Worldwide Rig Count*. URL: <https://rigcount.bakerhughes.com/intl-rig-count> (дата обращения: 24.02.2025).
2. Weijermars R, bin Waheed U, Suleymanli K. 2023. Will ChatGPT and Related AI-Tools Alter the Future of the Geosciences and Petroleum Engineering? *First Break*. 2023;41(6):53–61. <https://doi.org/10.3997/1365-2397.fb2023043>
3. Wang YD, Armstrong RT, Shabaninejad M, Mostaghimi P. Physical Accuracy of Deep Neural Networks for 2D and 3D Multi-Mineral Segmentation of Rock Micro-CT Images. *arXiv*. 2020;2002.05322. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2002.05322>
4. Dubovik A, Tishechkin D, Kozhevnikov A, Khudorozhkov R, Koriagin A, Kuvaev A, et al. 2024. Advanced LLM Applications in Oil & Gas: Cross-Domain Implementations. In: *Proceedings of the 85th EAGE Annual Conference & Exhibition, Jun 2024, Volume 2024*. European Association of Geoscientists & Engineers; 2024. P. 1–5 <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2024101556>
5. Jiang W, Wang X, Zhang S, 2023. Integrating Multi-Modal Data into AFSA-LSTM Model for Real-Time Oil Production Prediction. *Energy*. 2023;279:127935. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127935>

Об авторе:

Антон Витальевич Скуридин, студент кафедры автоматизации производственных процессов Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), Skuridin.AV@yandex.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи

About the Author:

Anton V. Skuridin, Student of the Production Processes Automation Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation) skuridin.AV@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.314

Разработка математической модели для оптимизации нагрузки на насосное оборудование группового подземного водозабора

М.И. Азнабаев, А.В. Кулешов

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассматривается процесс разработки математической модели, направленной на оптимизацию работы насосного оборудования в групповых подземных водозаборах. Основное внимание уделяется проблеме преждевременного износа насосов, вызванного неравномерным распределением нагрузки и ошибочным выбором параметров системы. Целью данной работы является создание инструмента для прогнозирования различных гидравлических характеристик системы, таких как давление, расход и скорость потока, а также для оптимизации проектных решений в данной области. В статье представлен глубокий анализ влияния изменений диаметров трубопроводов на функционирование насосов и общее состояние водозаборной сети. Разработанная модель позволяет не только повысить надежность работы системы, но и улучшить экономическую эффективность её эксплуатации. Одной из отличительных особенностей работы является тщательное исследование взаимосвязей между параметрами сети и насосным оборудованием, что особенно актуально при модернизации существующих систем.

Ключевые слова: математическая модель, насосное оборудование, simulink, гидравлические характеристики, оптимизация нагрузок, моделирование трубопроводов, модернизация водоснабжения

Для цитирования. Азнабаев М.И., Кулешов А.В. Разработка математической модели для оптимизации нагрузки на насосное оборудование группового подземного водозабора. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):46–55.

Development of a Mathematical Model for Optimizing Pumping Equipment Load in a Ground Water Intake Network

Marat I. Aznabaev, Artem V. Kuleshov

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the process of developing a mathematical model for optimizing operation of pumping equipment in a ground water intake network. The main focus of the research is the problem of premature wear of pumps due to uneven load distribution and incorrect selection of system parameters. The aim of the work is to create a tool for predicting various hydraulic parameters of a system, such as pressure, flow rate and flow velocity, as well as for optimizing design solutions in this subject area. The article presents an in-depth analysis of the impact of the pipeline diameter changes on the operation of pumps and overall condition of the water intake network. The developed model enables not only to improve the reliability of the system, but also to increase the economic efficiency of its operation. One of the distinct features of the paper is thorough study of the relationships between network parameters and pumping equipment, which is especially important for modernization of the existing systems.

Keywords: mathematical model, pumping equipment, simulink, hydraulic parameters, optimization of load, pipeline modeling, water supply modernization

For Citation. Aznabaev MI, Kuleshov AV. Development of a Mathematical Model for Optimizing Pumping Equipment Load in a Ground Water Intake Network. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):46–55.

Введение. В процессе эксплуатации насосного оборудования для артезианских скважин, особенно погружных скважинных насосов типа ЭЦВ, возникают проблемы, существенно влияющие на работоспособность агрегата. Большинство из них обусловлено рядом факторов, таких как неправильный выбор производительности насоса, диаметр трубопровода, осушение скважины, гидроудар, некорректная глубина установки и опасные пусковые моменты насосного оборудования. Подземный водозабор из артезианских скважин широко используется в регионах, где отсутствуют природные водоемы, пригодные для водозабора, такие как реки и озера, что критично как для промышленности, так и для водоснабжения населения. Основная задача водозабора заключается в бесперебойном снабжении потребителей водой. В случае выхода насоса из строя его необходимо извлечь из скважины для проведения ремонтных работ или замены. Учитывая, что глубины артезианских скважин могут достигать 70 метров и более, такая операция становится весьма дорогостоящей. Насос и трубы имеют немалый вес, и без использования подъёмного крана выполнить эту задачу невозможно. В среднем на подъем насоса из скважины уходит около одного дня [1]. Перебои в водоснабжении пагубно сказываются на промышленности, особенно на животноводческом хозяйстве в летнее время. Чтобы предотвратить преждевременный выход из строя насосного оборудования и увеличить его бесперебойность, нами предлагается математическая модель, позволяющая на этапе проектирования подбирать оптимальные параметры насосов и труб, а также режимы работы скважин. Эта модель сможет предсказывать параметры системы (давление, расход, скорость потока) и её поведение в различных ситуациях, включая аварийные.

Актуальность данной работы заключается в том, что применение моделирования системы повысит эффективность и экономичность работы оборудования. В настоящее время системы с подобным управлением встречаются редко, что зачастую приводит к значительным потерям извлекаемой воды и электроэнергии, серьезным перебоим в снабжении и незапланированным ремонту оборудования из-за неконтролируемости системы. Важным преимуществом моделирования является возможность анализа работы системы при её возможной модернизации, включая увеличение числа веток артезианских скважин, удлинение магистрали водоснабжения и замену насосного оборудования. Модернизация сетей водоснабжения становится особенно актуальной, поскольку в последнее время наблюдается рост численности населения, увеличение площади и плотности застройки в городах. Строится все больше высотных жилых зданий и предприятий, что, в свою очередь, кратно увеличивает потребление воды и повышает нагрузку на сети водоснабжения. Поэтому остро стоит вопрос о возможности будущего расширения этих сетей и предсказания состояния параметров системы для определения возможных пределов производительности водоснабжения. Моделирование также позволит внедрять и настраивать различные регуляторы для управления насосами, оптимизируя процесс водоснабжения [2–5].

Основная часть. Разработка математической модели будет осуществляться на основе существующей насосной станции первого подъема в Ростовской области, в Матвеево-Курганском районе. Эта насосная станция представляет собой разветвлённую сеть скважин, из которых вода поступает и перекачивается по общему трубопроводу. Вода из различных ветвей попадает в напорные резервуары, а затем перекачивается к следующим насосным станциям. Схема насосной станции первого подъема представлена на рис. 1:

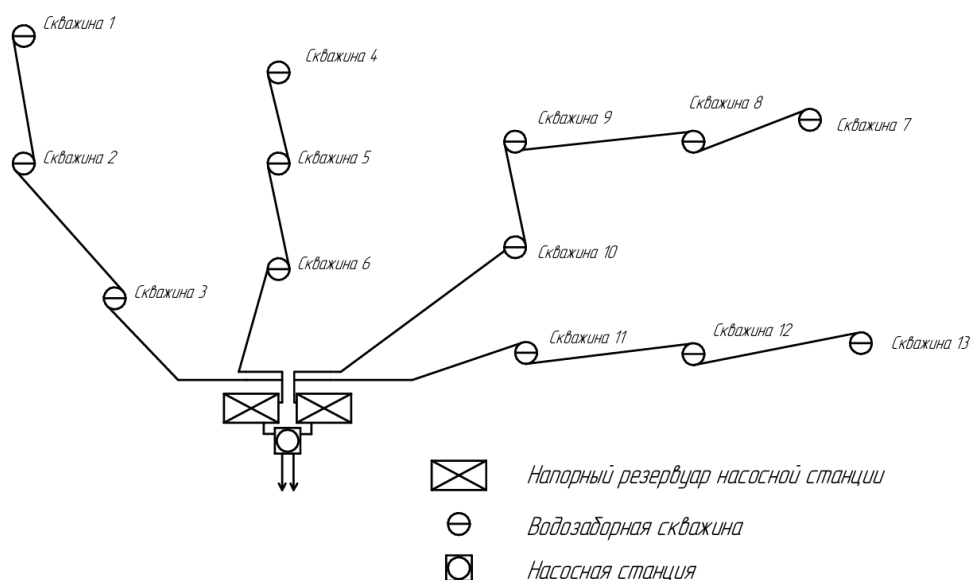


Рис. 1. Насосная станция

В данной модели будет анализироваться одна из конкретных ветвей насосной станции, обладающая определенными параметрами трубопровода и глубинами скважин, которые иллюстрированы на рис. 2.

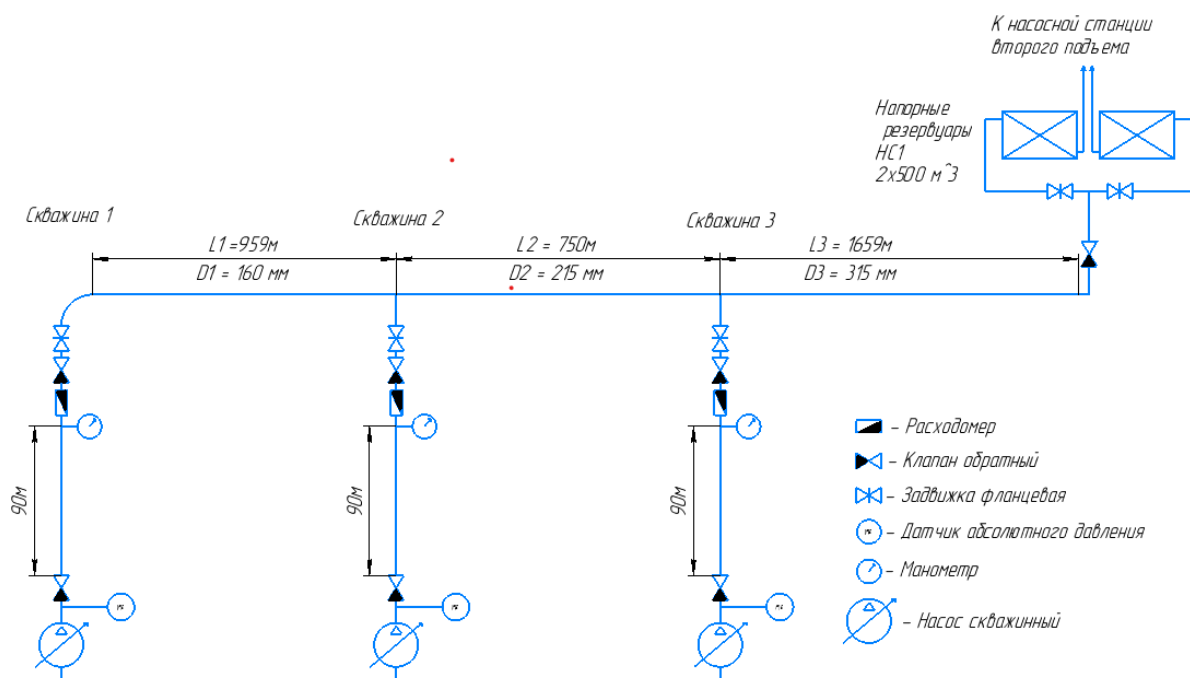


Рис. 2. Ветвь артезианских скважин

На основе имеющихся данных была разработана математическая модель (рис. 3) с использованием библиотеки пакета прикладных программ Simulink Simscape IL.

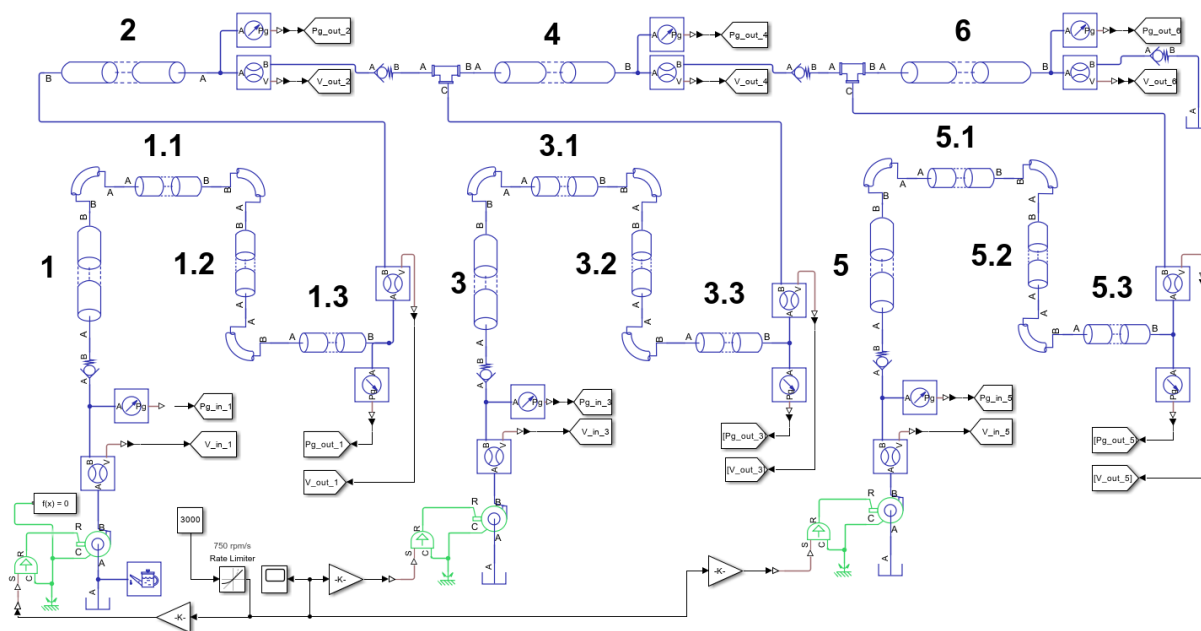


Рис. 3. Математическая модель

Модель позволяет рассчитать давление, расход на участках трубопровода, учитывая их гидравлическое сопротивление, перепад высот и производительность насосов.

Начнем построение модели со скважины и погружного насоса (рис. 4). Блок центробежного насоса в библиотеке имеет вид:

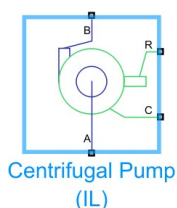


Рис. 4. Модель центробежного насоса

Настройка параметров насоса может быть задана как исходными данными, так и в виде табличных данных (рис. 5).

NAME	VALUE
Selected part	Grundfos:SP:10S30-34
Parameters	
Pump parameterization	1D tabulated data - head and brake power vs. capacity at ▾
> Reference capacity vector	Rcv <1x7 double> m ³ /s ▾
> Reference head vector	Rhv <7x1 double> m ▾
> Reference brake power vector	Rbpv <7x1 double> kW ▾
> Reference shaft speed	RefSs_1 3000 rpm ▾
> Reference density	998.23 % Datasheet derived kg/m ³ ▾
> Minimum shaft speed threshold as fract...	0.01 % Library default 0.01
> Impeller diameter scale factor	1 % Library default 1
Mechanical orientation	Positive angular velocity of port R relative to port C corres ▾

Рис. 5. Окно задания параметров насоса

Основными параметрами являются напор, производительность и частота вращения. В данном случае параметры (рис. 6) были заданы с помощью векторов:

$Rcv = [0,0166667 \ 0,0222222 \ 0,0277778 \ 0,0333333 \ 0,0444444 \ 0,05 \ 0,0555556]$ — опорный вектор объёмного расхода насоса в м³/с;

$Rhv = [230 \ 225 \ 220 \ 210 \ 200 \ 180 \ 155]$ — опорный вектор напора насоса в метрах;

$Rbpv = [1,4582 \ 1,7273 \ 2,1991 \ 2,2675 \ 2,4444 \ 2,5321 \ 2,4701]$ — опорный вектор тормозной мощности насоса в кВт [6].

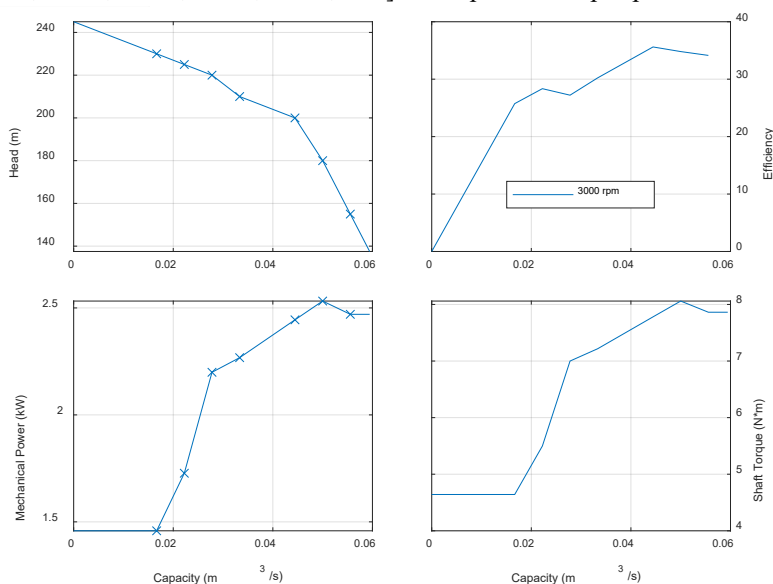


Рис. 6. Характеристики насоса

Математическое описание блока. Расход и напор насоса подаются через порты А и В, порт С отвечает за корпус насоса, а R за вал насоса.

Формула прироста давления имеет вид [7]:

$$p_B - p_A = \Delta H_{ref} \rho g \left(\frac{\omega}{\omega_{ref}} \right)^2 \cdot \left(\frac{D}{D_{ref}} \right)^2,$$

где ΔH_{ref} — это опорный напор насоса, который блок получает в результате квадратичной аппроксимации разницы в давлении насоса между значениями параметров максимального напора при нулевой производительности, номинального напора и максимальной производительности при нулевом напоре; ω — угловая скорость вала; ref_{ω} — это значение параметра опорной скорости вала; $refD_D$ — это значение параметра коэффициента масштабирования диаметра крыльчатки.

Крутящий момент на валу равен [7]:

$$\tau = W_{\text{тормозн.ref}} \left(\frac{\omega^2}{\omega_{\text{ref}}^2} \right)^2 \cdot \left(\frac{D}{D_{\text{ref}}} \right)^5,$$

где $W_{\text{тормозн.ref}}$ — это номинальная мощность торможения. Рассчитывается как производительность, умноженная на напор/эффективность. Эффективность насоса — это квадратичная кривая, у которой пик — номинальная мощность торможения.

Также блок рассчитывает эталонную ёмкость [7]:

$$q_{\text{red}} = \frac{\dot{m}}{\rho} \frac{\omega_{\text{ref}}}{\omega} \left(\frac{D_{\text{ref}}}{D} \right)^3,$$

где $\dot{m}$ — массовый расход насоса.

Модель трубопровода (рис. 7) в библиотеке представлена блоком Pipe IL.



Рис. 7. Модель трубопровода Pipe IL

Данный блок моделирует потерю давления и скорость потока в трубопроводе, который обладает следующими параметрами, представленными на рис. 8: коэффициент гидравлического сопротивления стенок трубы, диаметр трубопровода, длина, перепад высот, а также режим течения жидкости внутри трубы (ламинарный или турбулентный).

Settings	Description	VALUE
Configuration		
☒	Fluid dynamic compressibility	
☒	Fluid inertia	
Number of segments		1
> Pipe length	90	m
Cross-sectional geometry		Circular
> Pipe diameter	150	mm
Elevation gain specification		Constant
> Elevation gain from port A to port B	90	m
Gravitational acceleration specification		Constant
> Gravitational acceleration	9.81	m/s^2
Viscous Friction		
Pipe Wall		
Pipe wall specification		Rigid
Initial Conditions		

Рис. 8. Параметры для трубопровода

Математическое описание модели. Формула перепада давления в трубе имеет вид [8]:

$$p_v = f \cdot \frac{L + L_{eq}}{2} \cdot \frac{\dot{m}_a}{2\rho D^2 S^2},$$

где f — коэффициент трения Дарси; L — длина трубопровода; L_{eq} — эквивалентная длина местных сопротивлений трубопровода; $\dot{m}_a$ — производная по времени массового расхода в трубопроводе; ρ — плотность жидкости; D — диаметр трубы; S — Площадь поперечного сечения трубы; f — коэффициент трения Дарси вычисляется по формуле [8]:

$$f_n = \frac{1}{\left(-1,8 \log_{10} \left(\left(\frac{6,9}{Re} \right) + \left(\frac{1 \cdot r}{3,7 \cdot D_h} \right) 1,11 \right) \right)^2},$$

где r — шероховатость поверхности и трубы; Re — число Рейнольдса, вычисляемое по формуле $Re = |\dot{m}| \cdot D_h / (\mu \cdot S)$, где μ — динамическая вязкость жидкости в трубе.

Также в модели учитываются динамические характеристики движения жидкости: сохранение импульса потока жидкости и масса жидкости. Уравнение баланса импульса в трубопроводе для порта трубы А следующее [8]:

$$p_a - p_l = \begin{cases} \Delta p_{v,A} (1) \\ \Delta p_{v,A} + \frac{L}{2S} \ddot{m}_A (2) \end{cases}$$

1 — если инерция жидкости отключена; 2 — если включена.

Уравнение баланса импульса порта В [8]:

$$p_b - p_l = \begin{cases} \Delta p_{v,B} (1) \\ \Delta p_{v,B} + \frac{L}{2S} \ddot{m}_B (2) \end{cases}$$

Баланс массы при этом имеет вид [8]:

$$\dot{m}_A + \dot{m}_B = \begin{cases} 0 \\ \frac{\dot{p}_1}{\beta} \rho_1 V, \end{cases}$$

где V — объём жидкости в трубе.

Для того, чтобы обезопасить систему от обратных токов воды, которые могут возникнуть при внезапном отключении насосного оборудования и вызвать гидроудар, система обычно снабжается обратными клапанами (рис. 9).

В библиотеке обратный клапан имеет вид, изображенный на рис. 9.

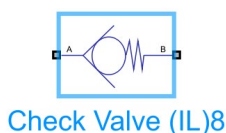


Рис. 9. Модель обратного клапана

Check Valve (IL)		Auto Apply	
Settings	Description		
NAME	VALUE		
Selected part	<click to select>		
Parameters			
Opening parameterization	Linear - Area vs. pressure		
Opening pressure specification	Pressure differential		
> Cracking pressure differential	0.001	MPa	
> Maximum opening pressure differential	0.01	MPa	
> Maximum opening area	17662.5	mm^2	
> Leakage area	1e-10	m^2	
> Cross-sectional area at ports A and B	inf	m^2	
> Discharge coefficient	0.64		
> Critical Reynolds number	150		
> Smoothing factor	0.01		
☐ Pressure recovery			
☐ Opening dynamics			

Рис. 10. Окно настройки параметров обратного клапана

Основные параметры для клапана — это разница давлений на входе и выходе растрескивания (минимальное давление, при котором клапан начинает приоткрываться $p_{треск}$) и максимальная разница давлений при открытии клапана, площадь открытия (A_{max}), площадь обратной утечки (A_{max}) площадь поперечного сечения портов А и В.

Формулы, по которым вычисляются площадь отверстия и давлении, следующие [9]:

$$A_{\text{клапан}} = p(A_{\text{max}} - A_{\text{утечка}}) + A_{\text{утечка}},$$

где нормализованное давление p [9]:

$$p = \frac{p_{\text{контроль}} - p_{\text{треск}}}{p_{\text{max}} - p_{\text{треск}}},$$

где $p_{\text{контроль}}$ представляет собой разницу между давлением в порту А и атмосферным давлением.

Уравнение массового расхода через клапан:

$$\dot{m}_a + \dot{m}_b = 0.$$

Масса сохраняется при проходе через клапан. Массовый расход рассчитывается следующим образом [9]:

$$\dot{m} = \frac{C_d A_{\text{клапан}} \sqrt{2\bar{p}}}{PR_{\text{потери}} \left(1 - \left(\frac{A_{\text{клапан}}}{A_{\text{порт}}} \right)^2 \right)} \cdot \frac{\Delta p}{\left[\Delta p^2 + \Delta p_{\text{критич}}^2 \right]^{1/4}},$$

где C_d — является коэффициентом разряда; $A_{\text{клапан}}$ — область мгновенного открытия клапана; $A_{\text{порт}}$ — это площадь поперечного сечения; $\bar{p}$ — средняя плотность жидкости; Δp — разница давлений в клапане; Критическая разница давлений $p_{\text{критич}}$ — это перепад давления, связанный с критическим числом Рейнольдса [9].

$$\Delta p_{\text{критич}} = \frac{\pi \bar{p}}{8 A_{\text{клапан}}} \cdot \left(\frac{v \cdot Re_{\text{критич}}}{C_d} \right)^2.$$

Потери давления описывают снижение давления в клапане из-за уменьшения площади и рассчитываются следующим образом [9]:

$$PR_{\text{потери}} = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{A_{\text{клапан}}}{A_{\text{порт}}} \right)^2 (1 - C_d^2)} - C_d \frac{A_{\text{клапан}}}{A_{\text{порт}}}}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_{\text{клапан}}}{A_{\text{порт}}} \right)^2 (1 - C_d^2)} + C_d \frac{A_{\text{клапан}}}{A_{\text{порт}}}}.$$

При соединении потоков из трех скважин в общую магистраль будет использоваться тройник, называемый в библиотеке Simscape, T-junction, рис. 11.

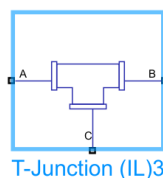


Рис. 11. Модель тройник

Основные параметры для тройника — это площади поперечного сечения при переходе от порта A к B и от портов A - C и B - C (рис. 12).

T-Junction (IL)

☒ Auto Apply

Settings

Description

NAME

VALUE

▼ Parameters

➤ Main branch area (A-B)	39760	mm^2	▼
➤ Side branch area (A-C, B-C)	39760	mm^2	▼
Loss coefficient model	Crane correlation ▼		
➤ Critical Reynolds number	150		

➤ Initial Targets

➤ Nominal Values

Рис. 12. Окно настройки параметров T -junction

В нашем случае потоки A и C сходятся, B является выходом для жидкости.

Формула, по которой рассчитывается коэффициент гидравлических потерь, следующая [10]:

$$K_{\text{пот}} = \left(\frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} \right)^2 - 0,95 - 2C_{xc} \left(\left(\frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} \right)^2 - 1 \right) - 2C_m \left(\left(\frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} \right)^2 - \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} \right),$$

где

$$C_m = 0,23 + 1,46 \left(\frac{r}{d_3} \right) - 2,75 \left(\frac{r}{d_3} \right)^2 + 1,65 \left(\frac{r}{d_3} \right)^3,$$

$$C_{xc} = 0,08 + 0,56 \left(\frac{r}{d_3} \right) - 1,75 \left(\frac{r}{d_3} \right)^2 + 1,83 \left(\frac{r}{d_3} \right)^3.$$

где d_3 — диаметр бокового ответвления; $\dot{m}_1$ — массовый расход на входе в основную цепь; $\dot{m}_2$ — массовый расход на выходе из основного ответвления; r — диаметр основной ветви.

Для проведения моделирования были заданы исходные параметры трубопроводной системы, которые подробно представлены на рис. 2. Также добавлены дополнительные точки сбора данных. В ходе эксперимента осуществлялся анализ гидравлических характеристик, включающих распределение давления и расхода жидкости на различных участках системы. Особое внимание было уделено сегментам, где установлены датчики манометрического давления и объемного расхода, что позволило получить детализированные графики. Полученные результаты моделирования, представленные на рис. 13, обеспечивают возможность детального изучения динамики гидравлических процессов и служат основой для дальнейшей оптимизации работы насосного оборудования.

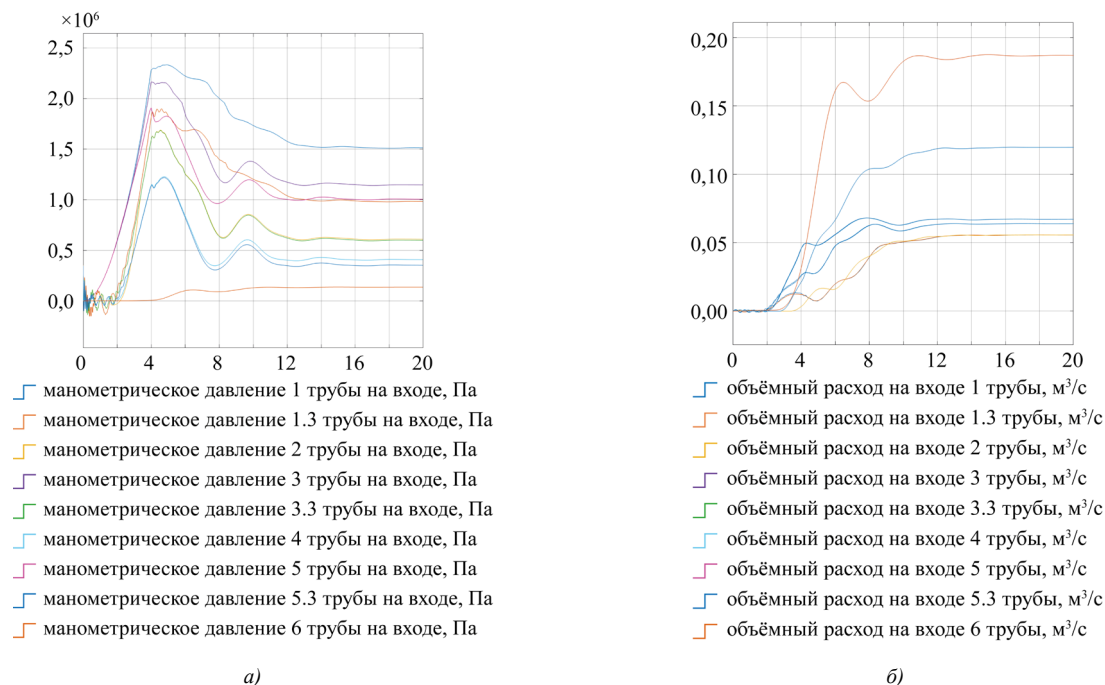


Рис. 13. Графики гидравлических характеристик: а — манометрическое давление; б — объёмный расход

В рамках эксперимента с целью анализа влияния изменения геометрических параметров на гидравлические характеристики системы было принято решение уменьшить на 20 % диаметры трубопроводов в сегментах 1, 1.1, 1.2, 1.3, 3, 3.1, 3.2, 3.3, 5, 5.1, 5.2 и 5.3, сократив их с 150 мм до 120 мм. Моделирование позволило оценить изменение распределения давления и расхода жидкости по системе, а также выявить критические участки, подверженные значительному влиянию данного изменения. Результаты представлены на рис. 14.

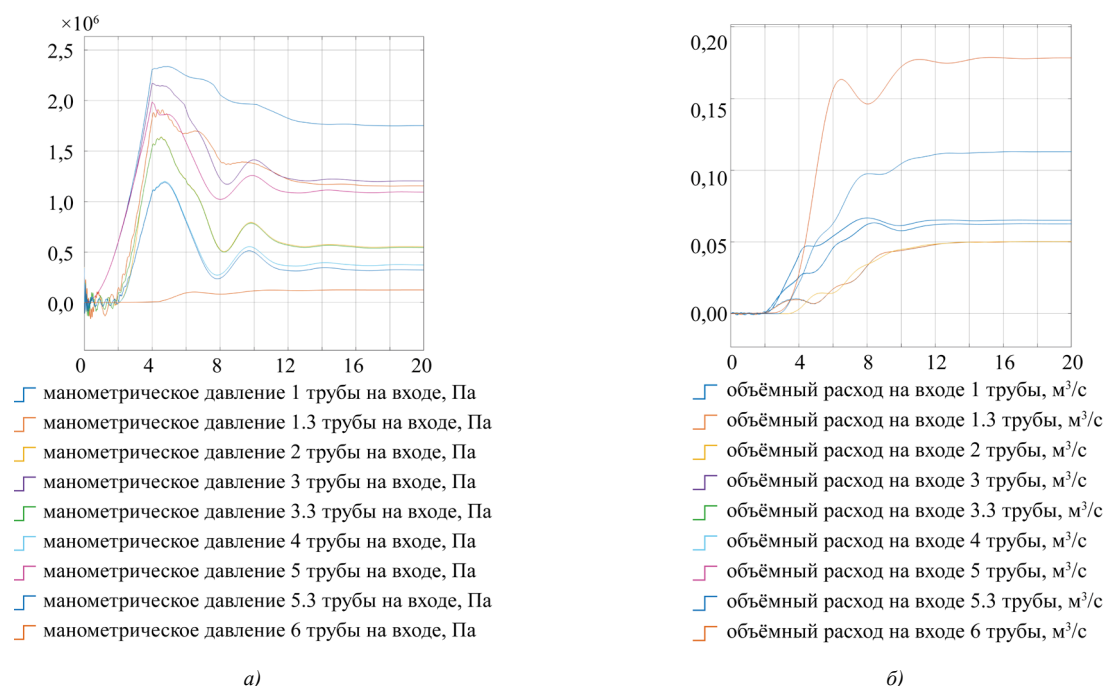


Рис. 14. Графики гидравлических характеристик: а — манометрическое давление; б — объёмный расход

Анализируя полученные графики, можно сделать следующие выводы: давление на входе в трубопровод 1 увеличилось на 0,25 МПа, что привело к снижению давления в трубопроводах 1.3, 2, 3, 3.3 и 5. Кроме того, изменения отразились на расходах в трубопроводах 1.3, 2 и 6, которые уменьшились на 0,02 м³/с. Такое перераспределение нагрузок вызвало значительное увеличение давления на насос, установленный в скважине 1, что, в свою очередь, привело к росту нагрузки на него. Одновременно наблюдалось снижение нагрузки на насосы в 2 и 3 в скважине. Такой режим эксплуатации значительно ускоряет износ оборудования скважины 1, что снижает срок его службы, а также отрицательно сказывается на общей надежности и бесперебойности функционирования системы в целом.

Заключение. В ходе проведенного исследования была разработана математическая модель для оптимизации работы насосного оборудования группового подземного водозабора. Моделирование позволило выяснить, как различные параметры трубопровода влияют на гидравлические характеристики, такие как давление, расход и скорость потока жидкости. Анализ графиков продемонстрировал, как изменение диаметра трубопровода воздействует на распределение нагрузки и, соответственно, на эффективность работы насосного оборудования.

В результате исследования было установлено, что увеличение давления на отдельных участках трубопроводной системы при уменьшении диаметра труб приводит к росту нагрузки на насосы, что значительно сокращает срок их эксплуатации. Кроме того, выяснили, что такие изменения параметров сети требуют более тщательного проектирования с учетом ожидаемых гидравлических явлений.

Практическая значимость данной работы заключается в возможности применения разработанной модели для прогнозирования поведения системы в аварийных ситуациях, оптимизации насосного оборудования на этапе проектирования, а также для оценки модернизации существующих сетей водоснабжения. Эти результаты способствуют повышению надежности и экономической эффективности систем водоснабжения. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку модели, учитывающей более сложные факторы, такие как временная динамика работы насосного оборудования, сезонные колебания водопотребления, а также внедрение системы управления на основе искусственного интеллекта для автоматической оптимизации режимов работы насосов.

Список литературы

1. Башкатов Д.Н., Драхлис С.Л., Квашнин Г.П., Сулакшин С.С. *Справочник по бурению скважин на воду*. Москва: Недра; 1979 г., 560 с.
2. Флоринский М.М., Рычагов В.В. *Насосы и насосные станции*. 3-е изд. Москва: Колос; 1967. 387 с.
3. Дерцакян А.К. (ред.), Шпотаковский М.Н., Вояков В.Г., Дерцакян И.А., Зайцев Л.А., Иванов С.А. и др. *Справочник по проектированию магистральных трубопроводов*. Ленинград: Недра; 1977. 519 с.
4. Калицун В.И., Кедров В.С., Ласков Ю.М., Сафонов П.В. *Гидравлика водоснабжение и канализация*. 3-е изд. Москва: Стройиздат; 1980. URL: Книга (дата обращения: 22.02.2025).
5. Баженов В.И., Губий И.Г., Павлинова И.И. *Водоснабжение и водоотведение*. 5-е изд., пер. и доп. Учебник и практикум для академического бакалавриата. Москва: Юрайт; 2016. 453 с.
6. *Каталог промышленного оборудования*. Ливенский завод погружных насосов. <https://livnasos.pro/> (дата обращения: 21.02.2025).
7. *Centrifugal Pump (IL)*. *Centrifugal Pump in Isothermal Liquid Network*. MATLAB Help Center. <https://www.mathworks.com/help/hydro/ref/centrifugalpumpil.html> (accessed: 22.02.2025).
8. *Pipe (IL)*. *Rigid Conduit for Fluid Flow in Isothermal Liquid Systems*. MATLAB Help Center. <https://www.mathworks.com/help/simscape/ref/pipeil.html> (accessed: 22.02.2025).
9. *Check Valve (IL)*. *Check Valve in an Isothermal Liquid System*. MATLAB Help Center. <https://www.mathworks.com/help/hydro/ref/checkvalveil.html> (дата обращения: 10.12.2024).
10. *T-Junction (IL)*. *Three-Way Junction in an Isothermal Liquid System*. MATLAB Help Center. <https://www.mathworks.com/help/hydro/ref/tjunctionil.html> (accessed: 22.02.2025).

Об авторах:

Марат Игоревич Азнабаев, студент кафедры автоматизации производственных процессов и производств Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), trtrtr33300@gmail.com

Артем Викторович Кулешов, студент кафедры автоматизации производственных процессов и производств Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), kuleshowvartem09@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Marat I. Aznabaev, Bachelor's Degree Student of the Automation of Production Processes Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), trtrtr33300@gmail.com

Artem V. Kuleshov, Bachelor's Degree Student of the Automation of Production Processes Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), kuleshowvartem09@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 62-236.58

Разработка захватывающего устройства квадрокоптера**К.Н. Щербаков, Д.А. Каменский**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Представлены результаты разработки захватывающего устройства, включая создание всех его компонент в виде 3D-моделей, а также 3D-модель сборки разрабатываемого захватывающего устройства (ЗУ). Проведена разработка кинематической схемы устройства. Рассчитана система рычагов с использованием программы КОМПАС 3D в модуле АРМ FEM, что позволило получить графическое распределение коэффициента запаса по пределу текучести и коэффициента запаса по пределу прочности. Кроме того, в работе представлены таблицы с максимальными и минимальными значениями полученных коэффициентов, что способствует более глубокому анализу прочностных характеристик устройства.

Ключевые слова: квадрокоптер, захватывающее устройство, коэффициента запаса, захват груза

Для цитирования. Щербаков К.Н., Каменский Д.А. Разработка захватывающего устройства квадрокоптера. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):56–59.

Development of a Gripper for a Quadcopter**Kirill N. Shcherbakov, Danil A. Kamensky**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The paper presents the results of developing a gripper, including creation of 3D models of all its components, as well as a 3D assembly model of a developed gripper. The kinematic scheme of a device has been developed. The system of control levers has been computed by means of the APM FEM module of KOMPAS 3D software, which made it possible to obtain a graph showing the distribution of safety factor to yield strength and to ultimate stress. Moreover, the tables with maximum and minimum values of the obtained safety factors have been provided in the paper, which enables conducting a more in-depth analysis of the strength properties of the device.

Keywords: quadcopter, gripper, safety factor, gripping a load

For Citation. Shcherbakov KN, Kamensky DA. Development of a Gripper for a Quadcopter. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):56–59.

Введение. В связи с распространением квадрокоптеров во многих сферах стали проявляться как их достоинства, так и недостатки. Главными достоинствами являются простота управления и простота конструкции. Квадрокоптеры, обладающие влагозащитой, используются для съемки и наблюдения на водоемах. Более крупные модели могут быть использованы для доставки грузов. Однако одной из проблем, связанной с перевозкой грузов при помощи квадрокоптера, является необходимость надежного закрепления (захвата) груза. Он должен быть прочно закреплен и располагаться по центру устройства, так как при смещении груза также смещается центр тяжести. Это может привести к перегрузке части двигателей, перекосу устройства и возможной потере управления. В свою очередь, это чревато повреждением или даже потерей как самого квадрокоптера, так и его груза.

Основная часть. Захватывающее устройство (ЗУ) является важным дополнением к квадрокоптеру, позволяя закреплять или автоматически захватывать и перевозить грузы. В последнее время такая возможность становится все более актуальной [1]. Для решения данной задачи потребуется разработать устройство, которое будет возможно установить на множество различных моделей квадрокоптеров. Чтобы понять принцип действия устройства, составим кинематическую схему ЗУ, представленную на рис. 1.

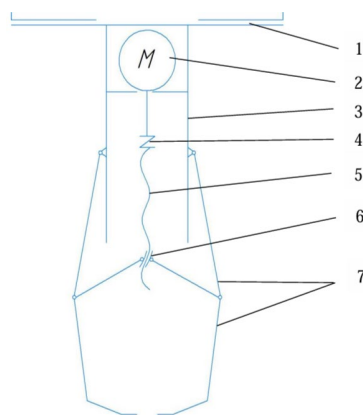


Рис. 1. Кинематическая схема ЗУ квадрокоптера: 1 — крепление к квадрокоптеру; 2 — мотор; 3 — корпус; 4 — муфта; 5 — винт; 6 — гайка; 7 — рычаги

При помощи реек 1 устройство крепится к квадрокоптеру. Когда устройство приближается к грузу, после команды оператора включается электродвигатель 2, закрепленный в корпусе 3, передающий вращение через муфту 4 на винт 5. Гайка 6 накручиваясь на винт поднимается вверх и закрывает рычаги 7, в результате происходит захват груза. В данном случае в передаче винт–гайка обязательно должно выполняться условие самостопора [2].

На рис. 2 приведена 3D-модель сборки разрабатываемого захватывающего устройства (ЗУ) в закрытом положении (рис. 2 а), где гайка накручена до остановки в максимальном верхнем положении, и в раскрытом положении (рис. 2 б). Остановка и ограничение хода происходят за счет срабатывания концевых датчиков.

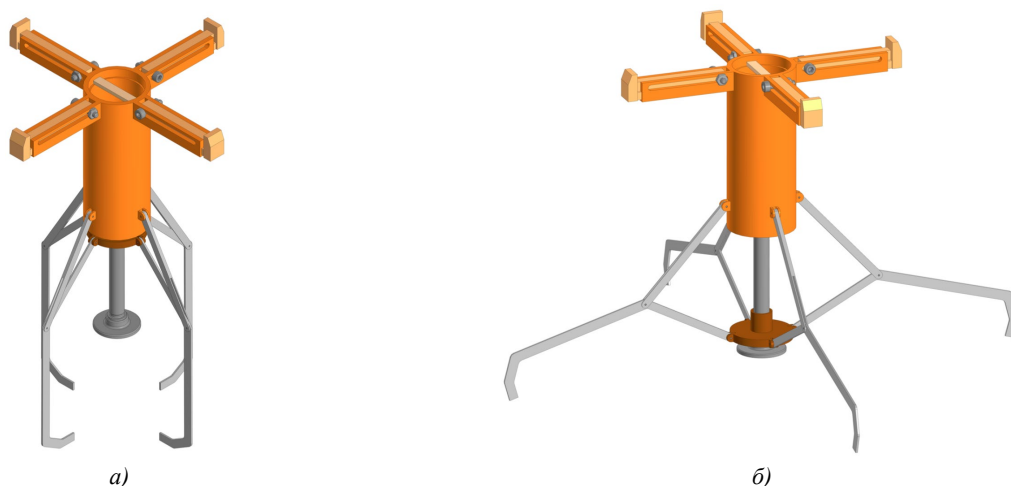


Рис. 2. 3D-модель сборки ЗУ квадрокоптера:
а — в закрытом (зажатом) виде; б — в раскрытом (разжатом) виде

На рис. 3 приведена 3D-модель устройства с захваченным (зажатым) грузом, предполагаемый максимальный вес груза — 2 кг. Проверочный расчет рычагов на нагрузки проведен в программе КОМПАС 3D, модуль АРМ FEM.



Рис. 3. Пример захвата специальной тары для перевозки грузов

На рис. 4 и 5 приведено графическое распределение коэффициента запаса по пределу текучести и коэффициента запаса по пределу прочности. Максимальные и минимальные значения были занесены в таблицы 1 и 2. Проанализировав данные, можно сделать вывод что рычаги, изготовленные из выбранного материала, с заданными конструктивными характеристиками выдерживают предполагаемую нагрузку и даже имеют запас.

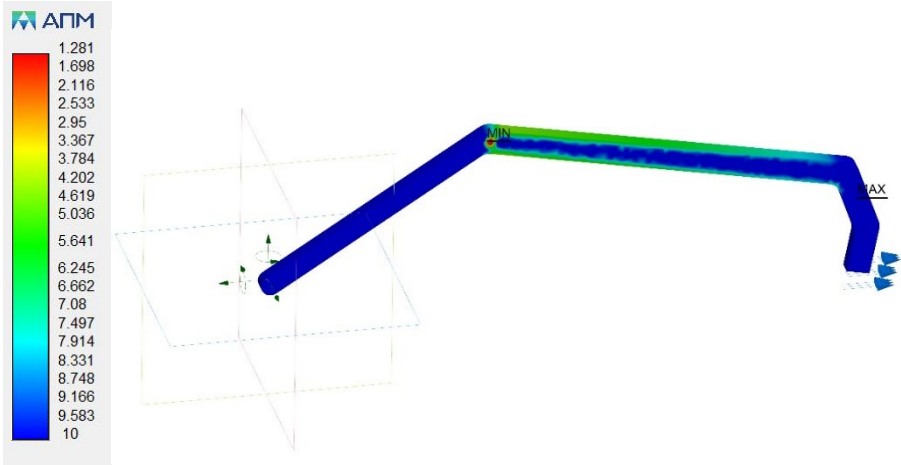


Рис. 4. Коэффициент запаса по пределу текучести

Таблица 1

Максимальные и минимальные значения пределы текучести и коэффициента запаса

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по пределу текучести	SVM	1,28118	10,00000

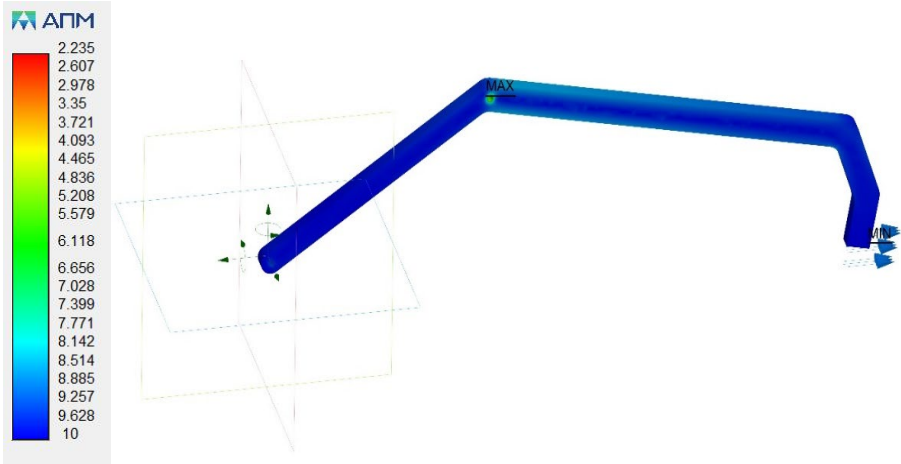


Рис. 5. Коэффициент запаса по пределу прочности

Таблица 2

Максимальные и минимальные значения пределы текучести и коэффициента запаса

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по пределу прочности	SVM	2,23525	10,00000

Закключение. В результате проведенной работы были разработаны 3D-модели всех деталей, входящих в устройство и модель сборки устройства. Также была приведена кинематическая схема устройства и описаны части, входящие в состав разрабатываемого устройства. Проведены расчеты рычагов в САПре КОМПАС 3D модуле АРМ FEM и определены максимальные и минимальные коэффициенты запаса по пределу текучести и прочности.

Список литературы

1. Челпанов И.Б., Калашников С.Н. *Схваты промышленных роботов*. Ленинград: Машиностроение; 1989. 286 с.
2. Анурьев В.И., Жестковой И.Н. (ред.). *Справочник конструктора-машиностроителя*. Т. 2. 8-е изд., перераб. Москва: Машиностроение; 2001. 912 с.

Об авторах:

Кирилл Николаевич Щербаков, студент кафедры основ конструирования машин Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), kirniko03@mail.ru

Данил Александрович Каменский, студент кафедры основ конструирования машин Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), danil.kamensky@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Kirill N. Shcherbakov, Student of the Fundamentals of Machine Design Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), kirniko03@mail.ru

Danil A. Kamensky, Student of the Fundamentals of Machine Design Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), danil.kamensky@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declares no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.8-1/-9

Модификация мультикоптера для посадки на неровные поверхности

Д.А. Каменский

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Представлены результаты разработки посадочной опоры, позволяющей совершать посадку на неровные поверхности. Приведена 3D-модель сборки разрабатываемого устройства и эскиз с обозначением элементов. Проведен расчет диаметра винта в опасных сечениях с заданной нагрузкой, а также выполнена проверка условия самоторможения резьбы. На основе приведенных конструктивных решений выполнены 3D-модели всех деталей, входящих в сборочную модель.

Ключевые слова: мультикоптер, беспилотные устройства, посадка на неровную поверхность, винт-гайка, посадочная опора

Для цитирования. Каменский Д.А. Модификация мультикоптера для посадки на неровные поверхности. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):60–62.

Modifying a Multicopter to Landing on Uneven Surfaces

Danil A. Kamensky

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The paper presents the results of developing a landing pad enabling landing on uneven surfaces. A 3D assembly model of the developed device and its schematic design with designation of the components have been presented. The rotor diameter calculations in dangerous sections and with a given load have been made, and condition for thread self-locking has been verified. Based on the design solutions provided, 3D models of all parts of the assembly model have been created.

Keywords: multicopter, unmanned aerial vehicles, landing on uneven surface, screw-nut, landing pad

For Citation. Kamensky DA. Modifying a Multicopter to Landing on Uneven Surfaces. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):60–62.

Введение. В настоящее время беспилотные устройства получили широкое распространение благодаря доступности комплектующих и простоте сборки. Такие устройства используются для доставки грузов, съемки видео, разминирования объектов, развлечений и прочего. Особое внимание заслуживают мультикоптеры, которые позволяют осуществлять доставку грузов, опрыскивание сельскохозяйственных культур, а также проводить съемку местности с высоты птичьего полета и многое другое.

Таким образом, мультикоптеры способны выполнять широкий спектр задач. Однако проблемой большинства из них остается взлет и посадка на неровных поверхностях. Для обеспечения правильного взлета и безопасной посадки требуется ровная поверхность, чтобы минимизировать риск опрокидывания. Многие производители предлагают использовать переносные посадочные площадки, что не всегда удобно и иногда невозможно. Поиск места для установки такой площадки требует значительных временных затрат и ограничивает возможности использования.

Решением данной проблемы может стать разработка новой посадочной опоры, позволяющей выполнять посадку на неровных поверхностях.

Основная часть. Посадочная опора мультикоптера должна быть компактной или складной для удобства транспортировки и иметь небольшую массу, чтобы не снижать полезную нагрузку. Поэтому предлагается изготавливать такие опоры из пластика с использованием аддитивных технологий.

В корпус опоры 1 (рис. 1) будет установлен электродвигатель 3, который включается и передает вращение по команде оператора через муфту 4 на винт. За счет передачи «винт-гайка» вторая часть телескопической ножки (штока) 2 выдвигается на заданное максимальное возможное расстояние. Остановка выдвижения ножки осуществляется с помощью концевых датчиков 5 и 7, которые передают команду о выключении электродвигателя. Также остановка передачи будет происходить при реверсивном движении, то есть при возвращении опоры в исходное положение.

После снижения мультикоптера к месту посадки на телескопическую опору подается сигнал. При контакте конца опоры с посадочной поверхностью срабатывает концевой датчик, в результате чего опора фиксируется в заданном положении. Двигатели мультикоптера продолжают свою работу до тех пор, пока все четыре опоры не коснутся посадочной поверхности. При взлете опоры автоматически возвращаются в исходное (собранное) положение.

Диаметр винта [1] в опасном сечении определен по формуле (3) из условия прочности при работе винта на сжатие (растяжение) и кручение:

$$\sigma_{сж} = \frac{Q \cdot K}{A} \leq [\sigma_{сж}], \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi d_1^2}{4}. \quad (2)$$

Наименьший диаметр винта:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4Q \cdot K}{\pi [\sigma_{сж}]}}. \quad (3)$$

где Q — сила, действующая на передачу; K — коэффициент, учитывающий скручивание винта; A — площадь винта в опасном сечении; $[\sigma_{сж}]$ — допустимое напряжение при расчете на сжатие (растяжение).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1500 \cdot 1,3}{3,14 \cdot 120}} = 4,5 \text{ мм (принимаем 5 мм)}.$$

Резьба, применяемая в нашей конструкции, должна быть самотормозящейся. Иначе, как только электродвигатель перестает воздействовать на вал, винт может начать вращаться в обратную сторону. Чтобы этого не случилось, должно выполняться условие $\varphi \leq \rho'$.

Угол подъема резьбы:

$$\varphi = \frac{P}{\pi d_2}, \quad (4)$$

где P и d_2 — шаг и средний диаметр резьбы.

$$\varphi = \frac{1}{3,14 \cdot 5} = 3,64^\circ.$$

Приведенный угол трения в резьбе:

$$\rho' = \frac{f}{\cos \cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (5)$$

где α — угол наклона рабочей грани витка резьбы; f — коэффициент трения в резьбе.

Принимаем $f_{min} = 0,1$, что соответствует слабой смазке.

Угол наклона рабочей грани $\alpha = 15^\circ$.

$$\rho' = \frac{0,1}{\cos \cos \frac{15}{2}} = 5,75^\circ.$$

Условие выполняется, соответственно наша опора будет удерживаться в заданном положении после отключения электродвигателя.

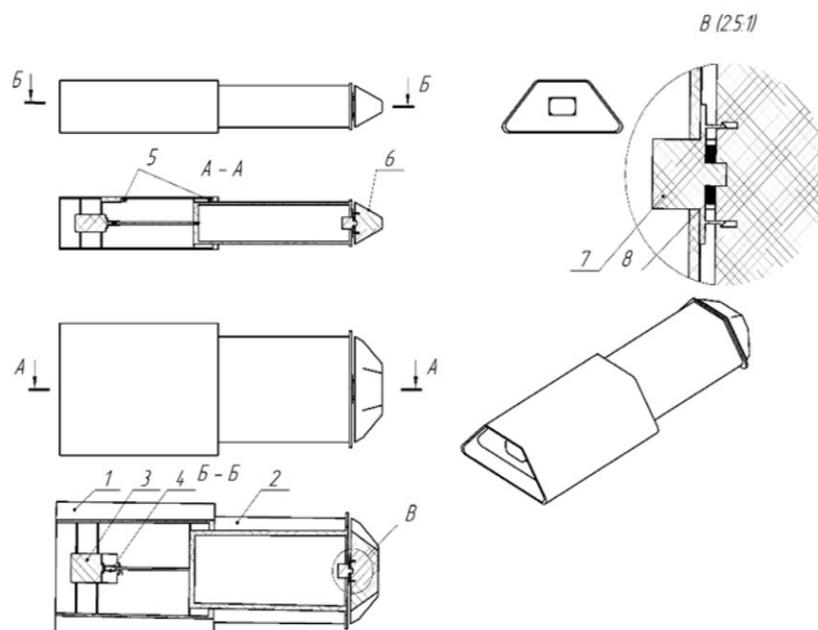


Рис. 1. Эскиз разрабатываемой посадочной опоры: 1 — корпус; 2 — шток; 3 — электродвигатель; 4 — соединительная муфта; 5 — концевой выключатель; 6 — кнопка концевой выключателя; 7 — концевой выключатель (внешний); 8 — пружина

Для увеличения компактности опор можно увеличить количество складываемых секций. Удержание ножки в открытом положении будет выполняться за счет соблюдения условия самоторможения. 3D-модель сборки (рис. 2) выполнена в программе T-FLEX CAD.

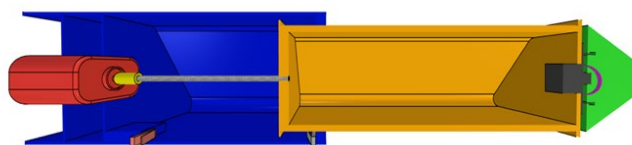


Рис. 2. Модель сборки разрабатываемой посадочной опоры

Заключение. В результате проведенной работы была разработана 3D-модель сборки и выполнен эскиз предлагаемого технического решения. Созданы модели всех деталей, входящих в состав опоры. Разработанная конструкция позволит расширить возможности современных мультикоптеров и обеспечить их взлет и посадку в местах с перепадами рельефа, а также повысит удобство использования и срок службы за счет снижения вероятности получения механических повреждений при взлете и посадке.

Список литературы

1. Анурьев В.И., Жестковой И.Н. (ред.). Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 2. 8-е изд., перераб. Москва: Машиностроение; 2001. 912 с.

Об авторах:

Данил Александрович Каменский, студент кафедры основ конструирования машин Донского государственного технического университета (344003 г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), danil.kamensky@yandex.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Danil A. Kamensky, Student of the Fundamentals of Machine Design Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), danil.kamensky@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 681.5.08

Проблема управления промышленной безопасностью на нефтепроводах: проектирование систем обнаружения утечек сырья

Д.И. Яворский

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В работе была рассмотрена важная проблема сырьевой отрасли — обеспечение безопасности территорий вблизи трасс трубопроводов. Актуальность данной проблемы не вызывает сомнений, поскольку ежегодно в стране регистрируется значительное количество разливов нефти на магистральных трубопроводах, что наносит серьезный вред экологии. В данной работе подробно освещен метод проектирования систем обнаружения утечек нефти с использованием нейронных сетей. Применение нейросетевых технологий позволяет существенно сократить время на обнаружение утечек, что в свою очередь способствует своевременному ремонту и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: нефтегазовая промышленность, сырьевая отрасль, утечка нефти, магистральные нефтепроводы, трубопровод, транспортировка нефти, система обнаружения утечек, нейронная сеть

Для цитирования. Яворский Д.И. Проблема управления промышленной безопасностью на нефтепроводах: проектирование систем обнаружения утечек сырья. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):63–66.

The Problem of Oil Pipeline Safety Management: Design of Crude Oil Leak Detection Systems

Daniil I. Yavorskii

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The work studies an important for the raw material industry problem — ensuring safety of locations near trunk pipelines. The relevance of this problem is beyond doubt, because a significant number of trunk pipeline oil spills are registered every year throughout the country, which causes serious damage to the environment. The paper describes in detail the method of designing the oil leak detection systems based on the use of the neural networks. The use of neural network technologies can significantly reduce the leak detection time, thus, can contribute to timely repairs and elimination of emergency situations.

Keywords: oil and gas industry, raw material industry, oil leak, oil trunk pipelines, pipeline, oil transportation, leak detection system, neural network

For citation. Yavorskiy DI. The Problem of Oil Pipeline Safety Management: Design of Crude Oil Leak Detection Systems. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):63–66.

Введение. Магистральные нефтепроводы представляют собой трубопроводы, предназначенные для транспортировки больших объемов сырья на значительные расстояния, использующие давление в диапазоне от 1,18 МПа до 15 МПа. Одной из важнейших проблем в сырьевой отрасли является обеспечение безопасности на территории, расположенной вблизи трасс трубопроводов. Эта проблема актуальна, так как по статистическим данным ежегодно в стране фиксируется около 10 тысяч разливов нефти на магистральных трубопроводах, что приводит к загрязнению почвенной и морской среды, нанося серьезный вред экологии. Целью данной статьи являлся анализ методов проектирования систем обнаружения утечек нефти и повышения безопасности на магистральных нефтепроводах через модернизацию управления параметрами системы обнаружения утечек.

В процессе анализа нефтепроводов выявлена проблема возникновения утечек, которые могут случаться по нескольким причинам. Во-первых, это низкий технический уровень и качество трубопроводов, а также недостатки в организации ремонтных работ. Во-вторых, высокий уровень износа производственных фондов также является значимым фактором. В-третьих, неправильное распределение производственных сил может приводить к концентрации производств повышенного риска на ограниченных площадях. Необходимо обеспечить постоянный мониторинг состояния нефтепроводов, что возможно реализовать с применением искусственных нейронных сетей. Повышение точности определения местоположения утечки способствует уменьшению потерь сырья и снижает вред для экологии.

Основная часть. Магистральные трубопроводы, длина которых превышает 50 км, имеют диаметр от 219 до 1 220 мм и предназначены для перекачки и транспортировки сырья из нефтехранилищ в пункты потребления. Для обеспечения безопасности окружающей природы магистральные трубопроводы подразделяются на пять категорий, как показано на рис. 1 [3].

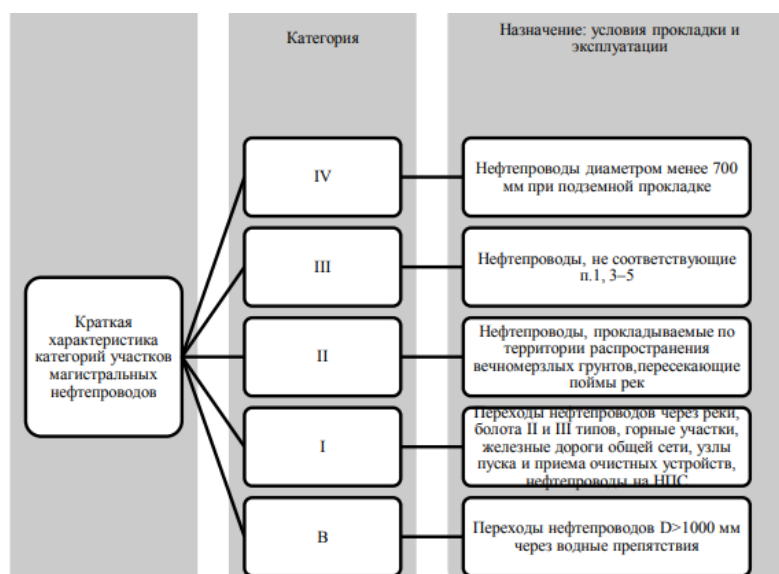


Рис. 1. Категории участков трубопроводов

Для разработки наиболее эффективного метода обнаружения утечек необходимо проанализировать существующие способы, которые используются наиболее часто и считаются наиболее эффективными в вопросе обеспечения промышленной безопасности магистральных трубопроводов. Первым таким методом является метод определения утечек на основе анализа профиля давления. Этот метод основывается на моделировании распределения давления вдоль трубопровода: расход сырья до места утечки увеличивается, а после него — уменьшается. В процессе диагностики используется квазистационарный профиль, отклонение которого фиксируется на контрольных точках трубопровода. Нарушение герметичности трубопровода приводит к снижению давления в оборудовании. Этот метод позволяет оценить интенсивность утечки сырья и обеспечивает постоянный мониторинг трубопровода [1].

Другим методом определения утечек нефти является балансовый метод, который позволяет выявить наличие утечек на больших расстояниях между датчиками расхода. Этот метод учитывает изменение массы сырья, которое снижается в случае утечки. Он позволяет наиболее точно определить массу различных напоров утечек, однако не указывает на конкретное место поломки, для чего требуется дополнительное оборудование.

Еще одним методом является метод «давление-расход», в рамках которого измеряются расход и давление в начале и конце участка нефтепровода. Полученные значения должны незначительно отличаться. Этот метод позволяет определить наличие утечек и их координаты с использованием контрольно-измерительных приборов.

Таким образом, система обнаружения утечек сырья на трубопроводах является важным компонентом в обеспечении экологической безопасности. Общая схема системы должна включать детекторы, определяющие факт утечки. В качестве детекторов используются датчики, измеряющие параметры сырья и потока (давление, скорость и расход). Информация от датчиков обрабатывается и передается на пульт управления, который контролирует работу трубопровода [2].

На сегодняшний день все технологии являются полуавтоматическими, что подразумевает наличие диспетчера для выполнения управляющих функций. В предлагаемой системе обнаружения утечек важной задачей является замена работы оператора автоматизированным устройством, которое с помощью сигналов от датчиков будет определять состояние трубопроводов. Методы разработки таких автоматизированных систем можно разделить

на три части: первая часть сфокусирована на использовании инженерных методов, заключающихся в исследовании объекта управления и разработке структуры системы управления; вторая часть — на исследовании объекта управления с точки зрения математических методов, включая разработку математической модели; третья часть предполагает внедрение технологий искусственного интеллекта в систему управления.

При разработке систем обнаружения утечек необходимо использовать нейронные сети. Эти технологии позволят управлять объектами, проектировать системы и прогнозировать потенциальные неполадки в работе оборудования. Системы контроля состояния трубопроводов существенно упрощают управление удаленно расположенными предприятиями. Управление с помощью нейронных сетей позволит эффективно контролировать работу нефтепроводов и сырьевых предприятий, объединяя все объекты в единую структуру.

Мониторинг и управление нефтепроводной инфраструктурой обеспечивают интеллектуальные датчики. В процессе работы применяются сенсорные системы, использующие новые технологии беспроводного зондирования и автоматизированного вычисления, а также роботизированную технику и системы обработки больших объемов информации.

Системы обнаружения утечек сырых материалов представляют собой программный комплекс, который включает датчики и автоматизированные комплексы. Архитектура таких систем, приведенная на рисунке 2 (рисунок автора), должна состоять из трех уровней.

Нижний уровень включает в себя средства измерения состояния сырья: датчики давления, установленные на входе и выходе магистрального нефтепровода для измерения давления; датчики температуры, также установленные на входе и выходе для измерения температуры; расходомеры, которые определяют количество жидкости, проходящей по трубопроводу, тем самым рассчитывающие расход сырья.

Средний уровень состоит из локальных станций систем обнаружения утечек, установленных на опорах небольших участков нефтепровода. Эта технология занимается сбором технологической информации с оборудованием нижнего уровня, полученные данные накапливаются в информационных пакетах и впоследствии передаются на общий сервер.

Верхний уровень включает сервер системы обнаружения утечек и автоматизированные рабочие места. Мониторинг и обнаружение факта утечек осуществляются с помощью программного обеспечения, использующего технологии нейронных сетей для определения и анализа состояния магистральных трубопроводов на основе информации, полученной с нижних уровней [5, 6].

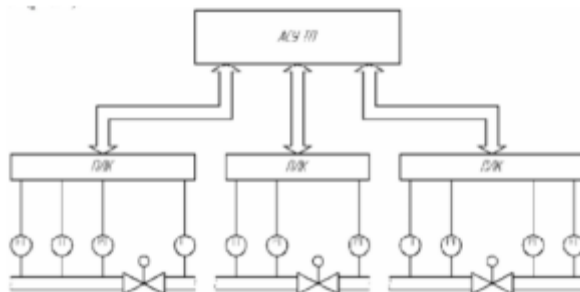


Рис. 2. Архитектура системы обнаружения утечек

В системе обнаружения утечек используется многослойная нейронная сеть, включающая входной и выходной слои, а также несколько скрытых слоев. Входной слой состоит из пяти нейронов, ответственных за прием показаний на трубопроводе. Для перехода на следующий уровень нейросети информационный поток проходит через матрицу весов [4].

Для получения итогового значения в нейронной сети используются функции активации, в частности сигмоидальная функция, принимающая неопределенные значения на входе и выдающая бинарный результат (0 или 1), свидетельствующий об отсутствии или наличии утечек соответственно. Изображение работы нейросети представлено на рис. 3.

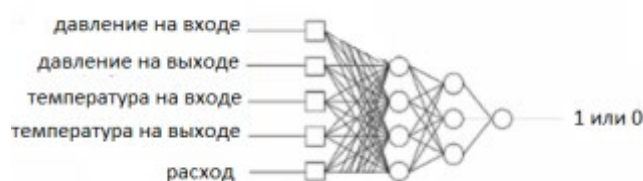


Рис. 3. Нейросеть для установления факта утечек сырья из трубопровода

Заключение. Таким образом, повышение уровня промышленной безопасности на трубопроводах для транспортировки сырья возможно путем разработки и внедрения систем обнаружения утечек, обеспечивающих постоянный мониторинг трубопроводов, минимизацию времени на уведомление об утечках и организацию ремонтных работ.

В данной работе были изучены методы проектирования систем обнаружения утечек сырья с помощью нейронных сетей. Применение нейросетевых технологий позволяет сократить время на обнаружение утечек, что способствует своевременному ремонту и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Нейронные сети способны обнаруживать утечки сырья из трубопровода на основании данных, получаемых с установленных на нефтепроводах датчиков. Дальнейшие исследования должны быть направлены на развитие технологий прогнозирования возникновения утечек.

Список литературы

1. Васильев Т.Г., Коробков Г.Е., Коршак А.А., Лурье М.В., Писаревский В.М., Прохоров А.Д. и др. *Трубопроводный транспорт нефти*. Вайншток С.М. (ред.). Т. 1. Москва: Недра-Бизнесцентр; 2012. 407 с. URL: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-truboprovodnyytransportnefitom1.pdf> (дата обращения: 18.01.2025).
2. Крылов Г.В. *Эксплуатация и ремонт нефтепроводов и нефтехранилищ*. Москва: Образовательно-издательский центр «Академия»; 2012. 560 с.
3. Лурье М.В. *Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа*. Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина; 2003. 336 с.
4. Безумнов Д.Н., Воронова Л.И. О развитии и стандартизации технологии интернета вещей. в сборнике: технологии информационного общества. В: *Труды XII Международной отраслевой научно-технической конференции «Технологии информационного сообщества», Москва, 14–15 марта 2018 года*. Москва: Издательский дом Медиа паблишер; 2018. С. 293–294.
5. Воронов В.И., Воронова Л.И., Генчель К.В. Применение параллельных алгоритмов в нейронной сети для распознавания жестового языка. В: *Труды VII Международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», Санкт-Петербург, 28 февраля — 01 марта 2018 года*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. 2018. С. 207–212.
6. Воронова Л.И., Воронов В.И. *Machine Learning: Регрессионные методы интеллектуального анализа данных*. Учебное пособие. Москва: Московский технический университет связи и информатики; 2018. 82 с.

Об авторах:

Даниил Игоревич Яворский, студент кафедры автоматизации и математического моделирования в нефтегазовой отрасли Донского государственного технического университета, (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), daniil89895077650@gmail.com

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Daniil I. Yavorskii, Student of the Automation and Mathematical Modeling in the Oil and Gas Industry Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), daniil89895077650@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 331.1

Система управления охраной труда: разработка мобильного приложения для оценки условий труда

Кесьян Э.Г.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрены проблемы внедрения цифровых технологий в сферу охраны труда, а также аспекты развития системы управления этой областью. Основными целями статьи являются разработка методики усовершенствования системы управления охраной труда, применение инновационных технологий в рабочих процессах отрасли и создание мобильного приложения для оценки условий труда. Среди результатов исследования выделяется предложение внедрения электронного документооборота, который всё более активно используется во всех сферах деятельности. Также предлагается внедрение технологий видеонаблюдения для мониторинга рабочего процесса и обеспечения соблюдения норм техники безопасности. Кроме того, разработано мобильное приложение на платформе «1С: Предприятие», предназначенное для учёта показателей условий труда на рабочем месте.

Ключевые слова: система управления охраной труда, цифровизация, инновационная техника, техника безопасности, оценка условий труда, мобильное приложение, электронный документооборот, производственная безопасность

Для цитирования. Кесьян Э.Г. Система управления охраной труда: разработка мобильного приложения для оценки условий труда. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):67–71.

Occupational Health and Safety Management System: Development of a Mobile Application for Assessing Working Conditions

Eric G. Kesyane

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the problem of integrating digital technologies into the sphere of occupational health and safety, and the aspects of developing a management system for this sphere. The main objectives of the article are the development of occupational health and safety improving methodology, use of the innovative technologies in the workflow in this sphere, and creation of a mobile application for assessing working conditions. A proposal to implement the electronic document management system, which is being increasingly used in all spheres of activity, can be highlighted among the results of the study. It has been also proposed to implement the video surveillance technologies to monitor the working process and ensure compliance with safety standards. In addition, a mobile application has been developed based on the 1C: Enterprise software, designated to record working condition data at the workplace.

Keywords: occupational health and safety management system, digitalization, innovative technology, safety measures, assessment of working conditions, mobile application, electronic document management, industrial safety

For Citation. Kesyane EG. Occupational Health and Safety Management System: Development of a Mobile Application for Assessing Working Conditions. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):67–71.

Введение. Охрана труда представляет собой важнейшую составляющую производственного процесса, которая требует значительных капиталовложений для обеспечения безопасности и сохранения здоровья сотрудников на рабочем месте. Повышение эффективности охраны труда возможно за счет внедрения современных цифровых технологий, способных заменить ручной труд и цифровизировать рабочие процессы.

В данной статье анализируются проблемы внедрения цифровых технологий в сферу охраны труда, а также аспекты развития системы управления охраной труда. Эти вопросы имеют особую актуальность, поскольку уровень производственного травматизма на предприятиях по-прежнему остаётся недопустимо высоким по сравнению с развитыми странами. Основными целями данной статьи являлись разработка методов для усовершенствования системы управления охраной труда, интеграция цифровых технологий в рабочие процессы и создание мобильного приложения, предназначенного для оценки условий труда.

Описание проблемы. Контроль за системой управления охраной труда (далее СУОТ) в организации с установленной регулярностью, который обеспечивает её пригодность и эффективность, возлагается на работодателя. На рис. 1 представлена статистика несчастных случаев на производстве за период с 2014 по 2024 годы.

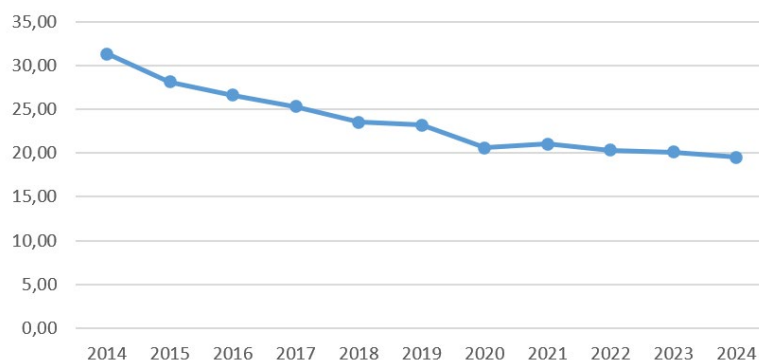


Рис. 1. Диаграмма статистики несчастных случаев на производстве

В результате проведенного исследования, представленного на рис. 1, наблюдаются колебания в показателях производственного травматизма. Однако, по сравнению с результатами 2014 года, отмечается снижение коэффициента травматизма. Для создания благоприятных условий на рабочем месте необходимо усовершенствовать систему управления охраной труда (СУОТ) и внедрять цифровые технологии, которые способны модернизировать и обезопасить существующее оборудование. Кроме того, необходимо обеспечить постоянный контроль со стороны специалиста по охране труда за работниками, что может быть реализовано с помощью инновационного оборудования.

Основная часть. Система управления охраной труда представляет собой комплекс органов управления на предприятиях, чьими основными функциями являются обеспечение безопасных условий труда, снижение уровня травматизма и предотвращение профессиональных заболеваний. Системный подход к охране труда позволяет не только соблюдать законодательные нормы, но и формировать культуру безопасности, что, в свою очередь, приводит к повышению производительности труда и снижению затрат, связанных с травматизмом и болезнями.

К задачам СУОТ относятся:

- установление перечня работ по охране труда (далее от);
- утверждение, отмена нормативных актов предприятия;
- подбор кадров, проведение инструктажей, обучение стажеров;
- обучение персонала внутреннему распорядку;
- аттестация рабочих мест;
- регистрация фактов несчастных случаев на рабочем месте и их расследование;
- выдача средств индивидуальной защиты;
- прививание желания работникам соблюдать технику безопасности;
- контроль соблюдения техники безопасности [1].

Для достижения благоприятных условий работы персонала на рабочих местах необходимо постоянно улучшать систему управления охраной труда (СУОТ), проводя наблюдения за процессом их работы. Контролирующим звеном выступает ответственный сотрудник, который ведет форму отчетности по результатам проверок. Одним из ключевых методов улучшения СУОТ является цифровизация процессов.

Цифровизация процессов в области охраны труда подразумевает внедрение цифровых технологий, способствующих повышению безопасности условий труда и эффективности работы предприятия. Анализируя современные направления внедрения цифровой техники в отрасль охраны труда, можно выделить несколько перспективных направлений. Во-первых, это ведение документации предприятия. Во-вторых, оценка и анализ состояния здоровья персонала. В-третьих, подготовка персонала к работе и проведение инструктажей. В-четвертых, контроль над соблюдением условий труда, техники безопасности и обеспечение безопасности работников [2].

Цифровизация документооборота предполагает использование электронного документооборота с помощью современных цифровых сервисов. Введение документации также упрощается благодаря использованию цифровой электронной подписи, которая не только заменяет ручную подпись и необходимость личного присутствия при подписании, но и позволяет избежать подделки документов.

Контроль за соблюдением условий труда, техники безопасности и безопасностью работников может быть осуществлен с повышенной эффективностью за счет цифровых технологий. Цифровой сбор необходимой информации осуществляется с помощью камер видеонаблюдения, а также обработки видеоматериалов с автоматизированным распознаванием действий, нарушающих технику безопасности [4].

На многих предприятиях вводятся видеокамеры для контроля наличия средств индивидуальной защиты. Модуль видеоаналитики фиксирует правонарушения и направляет уведомления службе безопасности. Наиболее эффективно работает модуль видеоаналитики «Domination», который способен фиксировать до 50 человек в одном потоке [3].

Для полного контроля всех параметров рабочего процесса на производстве необходимо разработать мобильное приложение на базе 1С — специальной программы для организации учета и хранения информации в электронном виде. Таким образом, создание мобильного приложения на базе 1С является актуальной задачей. При использовании «1С: Охрана труда» для учета результатов мониторинга рабочих мест, а также при применении мобильного приложения, обсуждение которого приведено ниже, значительно сократится время ввода информации и составления отчетности, а также снизится вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором.

Изначально необходимо создать базу данных (БД) для работы с информацией. Проектирование БД можно осуществить с помощью программного обеспечения «Dbdesigner», которое обладает простым интерфейсом и всеми необходимыми функциями для проектирования, моделирования, создания и поддержки баз данных. Модель базы данных должна иметь структуру, изображенную на рис. 2 [5].

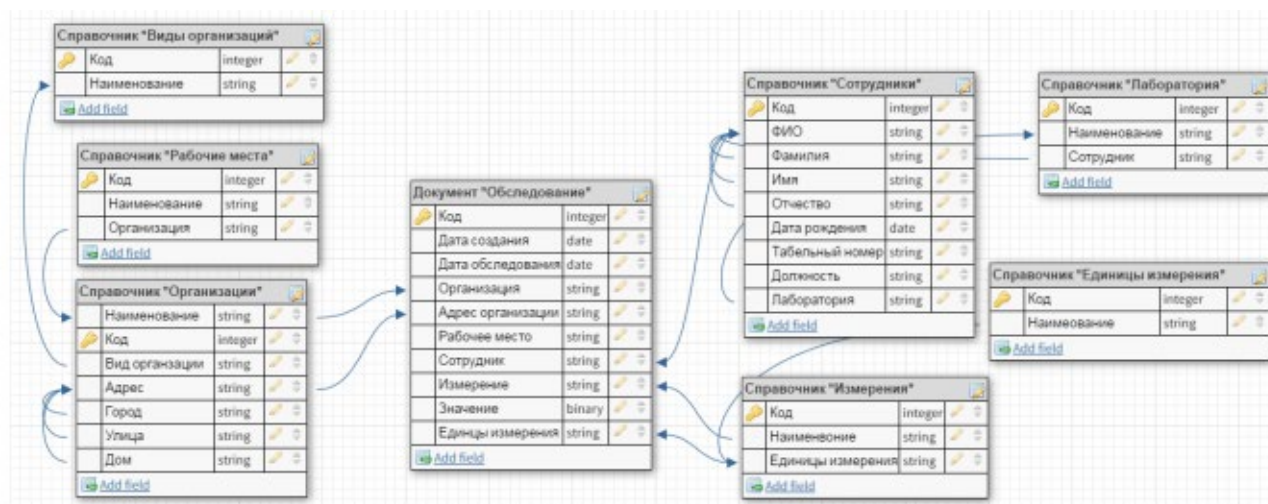


Рис. 2. Модель базы данных

Реализация мобильной конфигурации состоит из следующих этапов:

1. Установка модуля «1С: Предприятие», который позволит вести работу устройствам ввода и вывода информации в файловом режиме, а для обмена информацией между серверами необходимо установить модуль «Модули расширения веб-сервера» [5].

2. Чтобы сервер работал как мобильное приложение, необходимо настроить конфигуратор: в окошке параметров указать, что сервер будет действовать только для мобильного приложения (однако не все функции программного обеспечения будут поддерживаться в мобильной версии).

3. Необходимо подготовить стационарную и мобильную конфигурации, что означает объекты с регулируемыми свойствами. Задачей является сбор объектов управления в структуру прикладных решений:

– мобильная конфигурация. Первым элементом является «Подсистема», который является основой командного интерфейса. Данный элемент разделяет прикладные решения на мелкие и крупные функциональные блоки. Вторым элементом является «Команда» — действия, выполняемые пользователями. Следующим элементом является блок «Справочник», служащий для распознавания объекта в системе, поддержки иерархии элементов и др. Четвертым блоком является «Документ», который используется для фиксирования и описания процессов, протекающих в организации; все документы вводятся в журнал документов. Последним элементом является «План обмена», предназначенный для описания структуры информационной системы и для задания данных для обмена в пределах этой системы;

– стационарная конфигурация. Данная конфигурация состоит из трех подсистем: организация, лаборатория и обследования. Справочник «Организация» содержит в себе информацию о рабочих местах, видах организации, а именно владеет информацией о самом объекте и всех его специализациях (офисное помещение, складское помещение или производственное помещение). Справочник «Лаборатория» хранит информацию об определенной структуре на предприятии и о персонале, относящемся к данной лаборатории. В качестве данных о работнике используется его фамилия, имя, отчество, дата рождения, табельный номер, должность. Подсистема «Обследование» является основной, где указывается информация по обследованию, общая оценка условий труда, оценка условий труда по вредным факторам и фиксируются условия труда при работе за техникой.

4. Необходимо настроить взаимодействие между информационной базой и мобильным приложением, которое осуществляется следующим образом: от основного приложения данные в формате XML-файлов через web-сервисы, файловые системы и электронную почту поступают к мобильному приложению. Обмен информацией необходимо организовывать по плану обмена — расположению объектов конфигурации, через которые реализуется передача информации. Такой план содержит в себе информацию об узлах, которые участвуют в обмене данными. Так, для обмена данными между предприятием и складами, а также между предприятием и офисами, необходимо составить два плана обмена, так как состав планов значительно отличается друг от друга. В нашем случае организовывается обмен данными между предприятием и мобильным приложением [6].

После внедрения всех вышеуказанных элементов, мобильное приложение для оценки условий труда можно использовать. Мобильная конфигурация приложения включает в себя две функции: «выполнить обмен» и «создать вложение». По первой команде выполняется обмен данными, а вторая позволяет прикрепить файл к документу. В мобильном приложении имеется доступ ко всем справочникам: можно просматривать имеющиеся справочники, а также есть возможность внесения корректировок в текст хранимой информации. При использовании функции «создать вложение», можно прикрепить к документу изображение объекта, аудиозапись звука шумов, изображение оборудования. Заполненные данные вносятся в систему при наличии сети Интернет и при нажатии кнопки «выполнить обмен» [7].

Заключение. Целью совершенствования системы управления охраной труда (СУОТ) с внедрением инновационных технологий является достижение уровня безопасности труда работников, соответствующего нормативным требованиям. В данной статье обсуждаются не все методы цифровизации охраны труда, однако описанные инновации способны существенно облегчить работу специалистов по охране труда, снизить уровень нагрузки и напряженности, а также обеспечить контроль за безопасностью в процессе реализации производственных процессов.

Дополнительно в статье рассматривается мобильное приложение в системе «1С: Предприятие», разработанное для учета показателей условий труда на рабочих местах с возможностью удаленного доступа на сервер через мобильное устройство. На сегодняшний день мобильные технологии активно внедряются в различные отрасли, предоставляя доступ к разнообразным программным решениям. Увеличение числа мобильных приложений подтверждает удобство и значимость использования мобильных устройств в современных производственных процессах, что в свою очередь способствует более эффективному управлению охраной труда.

Список литературы

1. Ковриго О.В., Тимофеев А.В. Инновационные решения в охране труда. В: *Труды национальной научно-практической конференции «Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки»* (г. Брянск, 20–21 мая 2021 г.). Брянск: Брянский государственный аграрный университет; 2021. 180–182 с.
2. Файнбург Г.З. Охрана труда в кардинально меняющемся мире... (Размышления о современных проблемах охраны труда). *Безопасность и охрана труда*. 2019;(3(80)):13–18.
3. Иванов С.Ю. Взгляд сверху: как видеоаналитика повысит безопасность на производстве. *Журнал главного инженера*. 2019;(8–9).
4. Феоктистова О.Г., Феоктистова Т.Г., Мерзликин И.Н. *Безопасность жизнедеятельности. Организация охраны труда*. Учебное пособие. Москва: Московский государственный технический университет гражданской авиации. 2015. 88 с.
5. Гончаров Д.И., Хрусталева Е.Ю. *Решение специальных прикладных задач в «1С: Предприятие 8.2»* Москва: ООО «1С-Паблишинг»; 2012. 300 с.
6. Радченко М.Г., Хрусталева Е.Ю. *Архитектура и работа с данными «1С: Предприятия 8.2»*. Серия «1С: Профессиональная разработка». Москва: «1С-Паблишинг»; 2011. 268 с.
7. Рыбалка В.В. *Пример быстрой разработки мобильного приложения на платформе «1С: Предприятие 8.3»*. Мастер-класс. Версия 1. +CD. – Москва: «1С-Паблишинг»; 2014. 329 с.

Об авторах:

Эрик Гаринович Кесьян, магистрант кафедры производственной безопасности Донского государственного технического университета, (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), erik_kesyan@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Erik G. Kesyan, Master's Degree Student of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), erik_kesyan@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.45.018.2

Обзор систем управления испытательным стендом

В.П. Федичкина, К.С. Талызина, В.И. Симоненко

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Работа посвящена анализу систем управления испытательным стендом. Рассмотрены существующие системы управления стендом и специализированное программное обеспечение для испытательных стендов. Изучены компоненты испытательных стендов и описан принцип их работы. Особое внимание уделено преимуществам стендовых испытаний перед испытаниями, проводимыми в полевых условиях.

Ключевые слова: испытательный стенд, испытания, система управления, программное обеспечение

Для цитирования. Федичкина В.П., Талызина К.С., Симоненко В.И. Обзор систем управления испытательным стендом. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):72–76.

Overview of Test Bench Control Systems

Victoria P. Fedichkina, Karina S. Talyzina, Vladimir I. Simonenko

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The paper provides the analysis of test bench control systems. The existing test bench control systems and their specialized software have been studied. The test bench components have been investigated and the principle of their operation described. The advantages of bench over in-situ testing have been the focus of particular attention.

Keywords: test bench, testing, control system, software

For Citation. Fedichkina VP, Talyzina KS, Simonenko VI. Overview of Test Bench Control Systems. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):72–76.

Введение. Совершенствование методов и средств испытаний изделий машиностроения является ключевым аспектом, направленным на повышение надежности и подтверждение заявленного эксплуатационного ресурса разрабатываемых устройств и агрегатов. Во время стендовых испытаний оборудование может подвергаться нагрузкам, близким или превышающим фактические эксплуатационные нагрузки. Основной целью данного вида испытаний является изучение реакции объекта на нагрузки и определение их допустимых значений. На сегодняшний день существует большое количество технологий, позволяющих автоматизировать процесс испытаний, в связи с чем актуальна задача выбора эффективного метода разработки испытательных стендов в сжатые сроки [1]. Преимуществом стендовых испытаний является возможность оценки реакции образца на заданный вид и величину нагрузки по определенным параметрам, что позволяет выявлять скрытые ошибки проектирования. Кроме того, такие эксперименты обычно обходятся недорого. Целью исследования был анализ существующих систем управления испытательными стендами и определение преимуществ стендовых испытаний перед испытаниями в реальных условиях.

Основная часть. Конструктивно испытательная установка состоит из заготовки (плиты, рамы или другого устройства, удерживающего объект испытания), подсистемы нагружения образца (например, вибрационной или электрической, в зависимости от вида испытания) и контрольно-измерительного устройства, регистрирующего реакцию образца на нагрузку [2]. Рассмотрим подробно существующие системы управления испытательным стендом и проведем их анализ.

Автоматизированная система управления стендом для натурных испытаний элементов железнодорожного транспорта представляет собой 12-канальную систему управления и контроля электрогидравлического испытательного стенда для испытаний составных частей железнодорожного транспорта. Данная система создана на базе промышленного компьютера и использует высоконадежное оборудование, обеспечивающее требуемые точностные характеристики. Стенд предназначен для испытаний на усталость полномасштабных компонентов железнодорожного транспорта, а также тележек локомотивов и путевых машин. Характеристики системы управления обеспечивают такие параметры, как максимальная воспроизводимая и измеряемая нагрузка на сжатие и на растяжение-сжатие для вертикальных и горизонтальных каналов нагружения, составляющая 300 кН и ± 150 кН соответственно. Она также позволяет сохранять необходимую точность настройки частоты нагрузки. Внедрение этой системы привело к повышению точности определения ресурсоемкости тестируемых компонентов, а также к улучшению надежности и производительности тестирования [3].

Испытательный стенд (ИС) для авиационных агрегатов и их составных частей представляет собой комплекс оборудования, содержащий измерительные, контрольные, регулирующие и технические элементы для испытаний изделий и агрегатов. В процессе испытаний объект подвергается нагрузкам, сопоставимым или даже превышающим реальные условия эксплуатации. Основная цель этого типа испытаний заключается в определении, как объект будет реагировать на конкретные условия и пределы нагрузки. Преимуществом использования ИС в реальных условиях является возможность оценки искомых физических свойств объекта с использованием фиксированных значений других параметров в ходе эксперимента, что может выявить скрытые дефекты в тестируемой системе [4].

Испытательный стенд тяговых двигателей постоянного тока предназначен для качественного ремонта тяговых электродвигателей постоянного тока и снижения вероятности их выхода из строя в процессе эксплуатации. Система функционирует по классической схеме с методом взаимной нагрузки и соответствует требованиям ГОСТ 2582-81. Стенд состоит из двух идентичных машин, соединенных полумуфтами: одна выполняет функции генератора (погрузочная машина — NM), другая — двигателя (тестируемая машина — ИМТ). В данной системе используются два генератора: G1 (GPE-1000) для покрытия магнитных и механических потерь и G2 (GPE-1700) для электрических потерь. Также в состав стенда входят тахогенератор, датчик скорости, датчик тока и тиристорный преобразователь. Испытательный стенд установлен на ООО «Рудоремонтный завод» компании «Востсибуголь» в Черемхово и является частью более крупного испытательного комплекса для электрических машин постоянного тока, что позволяет проводить послеремонтные испытания как автономных, так и серийных машин [5].

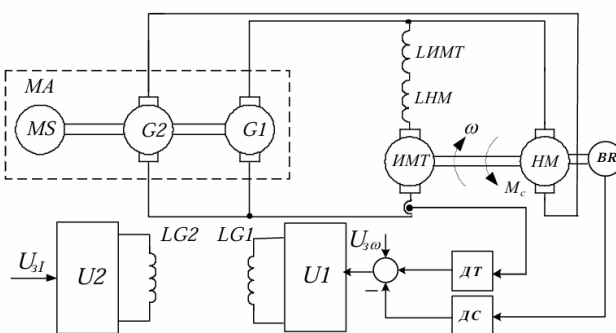


Рис. 1. Схема испытательного стенда тяговых двигателей

В Южно-Уральском государственном университете был разработан учебный лабораторный стенд, предназначенный для имитации работы прямооточного котла. Этот стенд обеспечивает возможность детального изучения процессов, происходящих в однозмеевиковом паровом котле. Лабораторный стенд является упрощенной версией парового котла и включает в себя гидравлическую систему (рис. 2) и аэродинамическую систему (рис. 3).

Стенд моделирует движение жидкого охлаждающего вещества через змеевик, в то время как вихревой поток, создаваемый вентилятором, имитирует движение дыма через этот же змеевик. Для измерения скорости и температуры воздушного потока используется анемометр, управляемый с помощью смартфона, что позволяет удобно и точно получать необходимые данные. Эти значения затем отображаются на компьютере в виде сводных таблиц, что упрощает анализ результатов.

В качестве управляющего устройства был выбран программируемый логический контроллер марки ОВЕН, работающий с программным обеспечением CoDeSys V2.3. Таким образом, данный стенд предоставляет обучающимся уникальную возможность научиться управлять электрооборудованием, а также на практике познакомиться с приборами для измерения расхода, температуры и давления [6].

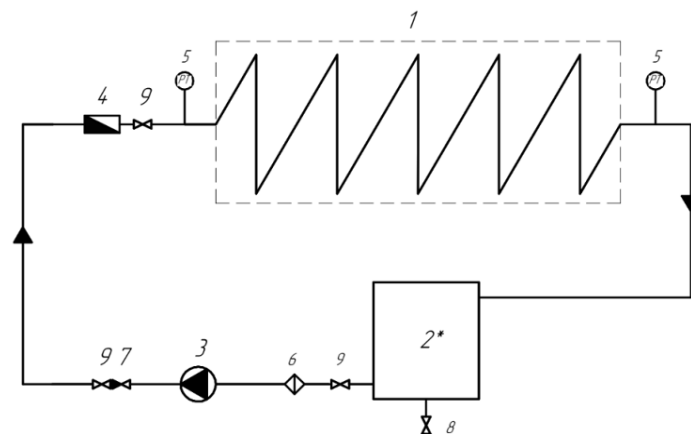


Рис. 2. Схема гидравлической системы лабораторного стенда: 1 — змеевик; 2 — емкость для воды; 3 — насос; 4 — расходомер; 5 — датчик давления; 6 — фильтр-грязевик; 7 — обратный клапан; 8, 9 — кран шаровый

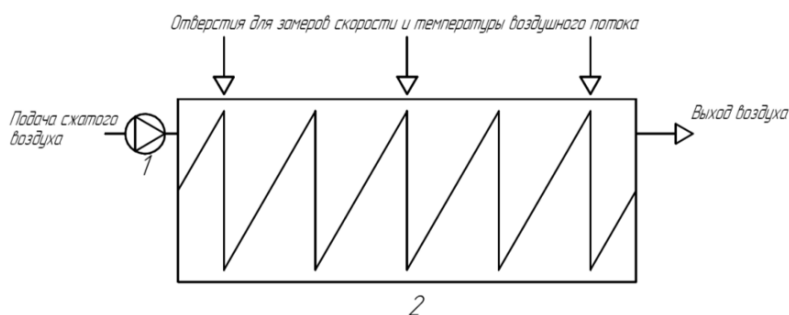


Рис. 3. Схема аэродинамической системы лабораторного стенда:
1 — вентилятор; 2 — цилиндр со змеевиком

В Московском государственном университете сотрудниками и студентами был проведен обзор *стендов* НТЦ-02 «Автоматизированное управление электроприводами», НТЦ-12 «Основы автоматики», НТЦ-24 «Электропривод» а также НТЦ-25 «Основы электропривода». Данные стенды были оборудованы микроконтроллерами, силовыми модулями и драйверами интерфейсов. Персональный компьютер дополняет стенды, обеспечивая сбор информации, обработку данных и построение графиков. Выполнять работы в автоматическом режиме, фиксировать переходные процессы, а также отслеживать все изменения в реальном времени позволяет программное обеспечение EL-drive. Система измерений включает периферийные блоки для измерения токов, напряжений и частоты вращения двигателей, а также цифровую индикацию и связь с ПК через RS-485. Студенты отмечают высокую надежность и безопасность системы, а также доступность электрических схем и применение современных технологий [7].

Помимо самих стендов, также ведется разработка программного обеспечения для них. Рассмотрим несколько примеров такого ПО более детально.

Сотрудники кафедры технического сервиса машин МГУ им. Н. П. Огарёва разработали специализированное программное обеспечение для нового гидравлического стенда, который используется для контроля технического состояния гидроагрегатов. Программное обеспечение обеспечивает сбор, обработку и сохранение данных с датчиков во время испытаний, включая датчики частоты вращения, расхода, а также давления и температуры. Оно рассчитывает коэффициент полезного действия (КПД) и крутящий момент объемного гидропривода, проводит анализ испытаний и настраивает измерительную систему для обеспечения точности показаний. Это ПО позволяет собирать и обрабатывать параметры диагностики объемных гидроцилиндров, сохранять результаты и анализировать данные испытаний. В результате испытаний определяются параметры технического состояния гидроприводов для дальнейшего заключения об их пригодности. Внедрение такого стенда вместе с программным обеспечением позволит с высокой точностью определять все параметры технического состояния гидроприводов, даже в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров [8].

В Альметьевском государственном нефтяном институте было разработано программное обеспечение для испытательного стенда электрических центробежных насосов (ЭЦН). Необходимость этого ПО была обусловлена результатами анализа современных методов расчета гидродинамических характеристик насосов, которые не всегда дают требуемые результаты. Программное обеспечение для испытательного стенда ЭЦН было разработано с использованием языка высокого уровня C# в интегрированной среде разработки Visual Studio Professional 2022. При проектировании архитектуры приложения для создания уровня аппаратной абстракции применялся метод

реализации HAG (Hardware Abstraction Layer). Это программное обеспечение предназначено для автоматизации процесса испытаний ЭЦН, а также для управления данными о размерах ЭЦН и результатах испытаний. В систему также встроена программа для контроля аварийных ситуаций, что помогает свести к минимуму риск выхода из строя как стенда, так и тестируемого оборудования. Результатом тестирования является протокол с заключением о годности к эксплуатации [9].

Анализ существующих систем управления испытательными стендами выявил ряд преимуществ стендовых испытаний по сравнению с проведением испытаний в реальных условиях. Применение современных методов в организации испытаний помогает значительно сократить время, необходимое для их проведения, и повысить качество результатов. Системы управления обеспечивают высокую степень автоматизации, точности и безопасности, что делает их незаменимыми в современных условиях. С развитием технологий можно ожидать появления новых решений, которые еще больше упростят процессы тестирования и повысят их эффективность.

Заключение. Анализ существующих систем управления испытательными стендами выявил ряд преимуществ стендовых испытаний перед проводимыми в реальных условиях. Применение современных методов в проведении испытаний помогает сократить время на испытания и повысить их качество. Системы управления обеспечивают высокую степень автоматизации, точности и безопасности, что делает их незаменимыми в современных условиях. С развитием технологий можно ожидать появления новых решений, которые еще больше упростят процессы тестирования и увеличат их эффективность.

Список литературы:

1. Zhuravlev AV, Aksyonov KA, Knyaev RO. System analysis and processing of parameters of the test bench. *Journal of Physics: Journal of Physics: Conference Series*. 2020;1694:012002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1694/1/012002>
2. Столыга И.А., Комарова С.Г. Процедура создания испытательного стенда на предприятии. *Успехи в химии и химической технологии*. 2017;31(5):25–27.
3. Роженцев В., Новиков А., Мараховский В., Шаманин А. Автоматизированная система управления стендом для натурных испытаний элементов железнодорожного транспорта. *Разработки. Железнодорожный транспорт*. 2006;(4):34–39. URL: <https://www.cta.ru/articles/cta/otrasli/zheleznodorozhnyy-transport/125116/> (дата обращения: 20.02.2025).
4. Испытательные стенды для авиационных агрегатов и их частей. TeraCont.ru URL: <https://www.teracont.ru/product/isyatelnnye-stendy-dlya-aviatsionnykh-agregatov-i-ikh-chastei/> (дата обращения: 20.02.2025).
5. Сорокин А.В., Леоненко А.С. Система управления испытательного стенда тяговых двигателей постоянного тока. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2012;(6(65)):133–137.
6. Осинцев К.В., Кускарбекова С.И. Разработка автоматизированной системы управления для учебного лабораторного стенда. 2022;22(3):141–150. <http://doi.org/10.14529/ctcr220313>
7. Пейль Н.Г., Маковой Т.И., Ионов П.В., Кузьмин К.Д. Анализ работы новых лабораторных стендов НТЦ. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2009;(S8):330–334.
8. Пьянзов С.В., Сенин П.В., Ионов П.А., Столяров А.В., Земсков А.М., Ильин М.В. и др. Разработка программного обеспечения стенда для контроля технического состояния объемных гидроприводов. *Инженерные технологии и системы*. 2021;(4):501–517. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202104.500-517>
9. Горшкова К.Л., Валеев А.А. Автоматизированная система управления испытательным стендом ЭЦН. *Научно-технический вестник Поволжья*. 2022;(12):211–213.

Об авторах:

Виктория Павловна Федичкина, магистрант Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), viktoriafedichkina7@gmail.com

Карина Сергеевна Талызина, магистрант Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), carinaetalyzina@gmail.com

Владимир Игоревич Симоненко, магистрант Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), Vladimir.simonenko02@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Victoria P. Fedichkina, Master's Degree Student of the Institute of Advanced Mechanical Engineering "Rostselmash", Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), viktoriafedichkina7@gmail.com

Karina S. Talyzina, Master's Degree Student of the Institute of Advanced Mechanical Engineering "Rostselmash", Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), carinaetalyzina@gmail.com

Vladimir I. Simonenko, Master's Degree Student of the Institute of Advanced Mechanical Engineering "Rostselmash", Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), Vladimir.simonenko02@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 003.26

Оценка стеганографических методов сокрытия информации

Э.Г. Товмасын, Н.А. Галичев, Д.А. Штепа, И.А. Алферова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассматриваются стеганографические методы сокрытия информации и возможности использования их для обеспечения целостности стеганосообщений. Особое внимание уделяется методу наименьшего значащего бита и методу оценки числа переходов значений младших бит в соседних элементах изображения.

Ключевые слова: стеганография, информационная безопасность, шифрование, кодирование

Для цитирования. Алферова И.А., Галичев Н.А., Штепа Д.А., Товмасын Э.Г. Аналитический обзор стеганографических методов сокрытия информации. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):77–81.

Evaluation of Steganography Methods of Information Concealment

Elina G. Tovmasyan, Nikita A. Galichev, Darya A. Shtepa, Irina A. Alferova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

This article discusses steganography methods of information concealment and the possibility of using them to ensure the integrity of stegan messages. Special attention is paid to the method of the least significant bit and the method of estimating the number of transitions of the values of the least significant bits in neighboring image elements.

Keywords: steganography, information security, encryption, coding

For Citation. Tovmasyan EG, Galichev NA, Shtepa DA, Alferova IA. Evaluation of Steganography Methods of Information Concealment. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):77–81.

Введение. Одной из чрезвычайно важных задач является защита информации, которая может включать интеллектуальную собственность, авторские права и конфиденциальные данные. Существует два принципиально различных способа передачи секретных данных по открытому каналу: шифрование и стеганография [1]. Криптографические методы, применяемые для шифрования сообщений, подразумевают изменение текста таким образом, чтобы доступ к сообщению имел ограниченный круг лиц, даже в случае перехвата данных в канале связи. Текст, полученный после такого изменения, называется шифртекстом. Решением задач шифрования сообщений занимается наука, именуемая криптографией [2]. Стеганография, в свою очередь, действует совершенно иным образом. С целью защиты информации от несанкционированного чтения, стеганографические методы обеспечивают защиту данных путем их интеграции в шумовые данные, скрывающие сам факт передачи. Это достигается внедрением секретных символов в контейнер. Открытый текст, видоизмененный подобным образом, может быть обнаружен злоумышленником в канале связи. Тем не менее, злоумышленник не догадывается о факте передачи сообщения, так как передаваемая информация выглядит легитимно для постороннего наблюдателя [3]. Несмотря на наличие серьезно проработанных математических основ криптографии, стеганография все еще не обладает такой же глубиной разработки. На сегодняшний день технологические аспекты этой науки хорошо отработаны, однако задача построения и анализа математических моделей остается актуальной. Цель данной работы заключается в оценке стеганографических методов сокрытия информации с использованием гистограмм. Основная часть. Стеганография представляет собой дисциплину, изучающую способы скрытой передачи информации, при которых факт существования передаваемых данных остается незамеченным. В отличие от криптографии, которая фокусируется на защите содержания сообщений, стеганография дополняет ее, позволяя скрывать сам процесс передачи данных. Применение стеганографических методов значительно уменьшает вероятность обнаружения скрываемой информации. Для повышения уровня защиты можно также использовать шифрование, что обеспечит дополнительную защиту.

Стеганографию можно рассматривать как способ создания тайных каналов связи, акцентируя внимание на ее роли в организации скрытых коммуникаций. Главной задачей данного подхода является осуществление сокрытия информации таким образом, чтобы потенциальный злоумышленник не только не мог расшифровать ее, но даже не подозревал о ее наличии. Важной характеристикой стеганографических методов является внедрение секретного сообщения в контейнер — открытый объект, который не вызывает подозрений. Затем данный контейнер передается получателю через обычный канал связи. Ключевое отличие стеганографии от криптографии заключается в том, что зашифрованные данные в криптосистемах могут быть распознаны, даже если они остаются нерасшифрованными, тогда как в стеганографии скрыто само существование сообщения.

Современные стеганографические системы (или стегосистемы) определяются как совокупность методов и инструментов, предназначенных для создания тайного канала передачи информации. При их разработке необходимо учитывать, что злоумышленник может обладать знаниями о принципах работы системы. Однако единственным неизвестным для него остается ключ, который используется для выявления и извлечения скрытого сообщения. Таким образом, надежность всей системы защиты данных при передаче информации во многом зависит от секретного ключа, который должен быть заранее согласован между отправителем и получателем.

Стеганография делится на три основных направления [4]. Классическая стеганография включает методы, не использующие вычислительные устройства и реализуемые вручную. Компьютерная стеганография, являясь продолжением классических методов, применяет свойства цифровых систем, такие как скрытие информации в неиспользуемых областях файлов, текстовая стеганография и модификация имен файлов. Цифровая стеганография представляет собой разновидность компьютерной стеганографии, основанную на внедрении информации в мультимедийные объекты (изображения, аудио, видео), которые изначально имели аналоговую природу. С развитием компьютерных технологий и появлением различных способов передачи данных возникли новые стеганографические методики, учитывающие особенности цифровых сетей, форматов файлов и других средств обработки информации. Например, данные могут быть скрыты внутри текстовых или графических файлов с помощью специализированного программного обеспечения. Тем не менее, современные технологии пока не обеспечивают абсолютной защиты передаваемой информации, что стимулирует дальнейшие исследования в стеганографии и методов ее анализа.

В общем случае стеганографическую систему можно рассматривать как систему, обеспечивающую скрытый канал связи. Она в большинстве случаев включает следующие ключевые элементы: анализатор формата — программные средства для оценки контейнера на его применимость в стеганографических целях (оценка формата, потенциального размера внедряемого содержания); прекодер — программное обеспечение, предназначенное для кодирования сообщения в форму, удобную для внедрения в контейнер, что чаще всего включает архивирование, помехоустойчивое кодирование или шифрование вложений; стеганокoder — средство, осуществляющее внедрение стегановложений с учетом особенностей контейнера; стеганоконтейнер — контейнер, модифицируемый стеганоалгоритмом для последующей передачи; ключ — секретный параметр стеганоалгоритма и/или криптографического алгоритма; вложение — информация, подлежащая сокрытию (обычно это текст или файл); стеганодетектор — средства, проверяющие наличия стегановложения в контейнере; стеганодекoder — программное средство для восстановления стегановложения (без дешифровки и/или деархивации); постдекoder — программное средство, осуществляющее дешифрование и/или деархивацию, восстанавливающее первоначальный вид скрытого вложения [5].

Стеганографическая система считается надежной лишь в том случае, если злоумышленник не способен доказать наличие скрытого сообщения в контейнере. Процесс компрометации такой системы включает несколько последовательных этапов. Первый из них — обнаружение скрытой информации, который направлен на выявление факта наличия сообщения. Второй — извлечение замаскированных данных, чтобы получить доступ к скрытому содержанию. Третий этап связан с модификацией скрытых данных, где осуществляется изменение или подмена информации. Четвертый этап включает блокировку передачи данных, при которой предотвращается передача как открытой, так и скрытой информации. Первые два этапа относятся к пассивным атакам, направленным на анализ и извлечение данных без вмешательства в процесс передачи. Последние два этапа представляют собой активные атаки, предполагающие прямое воздействие на контейнер или канал передачи.

Атаки на стеганосистемы можно классифицировать аналогично методам криптоанализа. Существуют атаки на основе известного заполненного контейнера, когда злоумышленник располагает контейнерами с уже внедренными скрытыми сообщениями, целясь в выявление наличия стеганографического канала и извлечение данных. Атака на основе известного встроенного сообщения актуальна для систем защиты авторских прав, где скрытое сообщение может выступать в виде известного цифрового водяного знака (например, логотипа). Задача злоумышленника — получить ключ, что затруднительно без доступа к заполненному контейнеру. Атака на основе

выбранного скрытого сообщения возможна, если злоумышленник может передавать свои сообщения и анализировать получаемые контейнеры. Это позволяет выявлять закономерности, связанные с внедрением данных. Адаптивная атака на основе выбранного сообщения является усложненной версией предыдущей атаки, где злоумышленник адаптирует свои действия, основываясь на анализе ранее полученных контейнеров. Атака на основе выбранного заполненного контейнера часто применяется в системах цифровых водяных знаков, когда злоумышленник использует детектор для анализа заполненных контейнеров, изучая продетектированные сообщения с целью раскрытия ключа или алгоритма внедрения.

Таким образом, атаки на стеганосистемы могут варьироваться от пассивного анализа до активного вмешательства, и их успех во многом зависит от доступной злоумышленнику информации и способности адаптироваться к защитным механизмам системы. Помимо перечисленных методов, злоумышленники могут применять подходы, не имеющие аналогов в традиционном криптоанализе. Например, атака с использованием известного пустого контейнера предполагает, что злоумышленник сравнивает его с подозрительным контейнером, выявляя отклонения, которые могут указывать на наличие стеганографического канала. Для противодействия таким атакам разработаны теоретические основы, включая методы создания устойчивых стеганосистем, даже если контейнер известен лишь приблизительно, например, с добавлением случайного шума.

Атака с использованием выбранного пустого контейнера возможна, если злоумышленник может навязать использование определенного контейнера для передачи данных. В таком случае он может создать контейнер с однородными областями, что значительно усложняет сокрытие сообщения. Подобные манипуляции затрудняют внедрение данных, так как однородные структуры оставляют меньше возможностей для скрытия информации без заметных искажений. Применение атаки на основе известной математической модели контейнера заключается в использовании знаний о его математической модели или ее части для выявления отклонений в подозрительном сообщении. Например, определенные биты контейнера могут обладать статистической корреляцией, которая нарушается при внедрении скрытого сообщения. Задача стеганографа в такой ситуации — сохранить статистические свойства контейнера, чтобы избежать обнаружения. Успех атаки во многом зависит от точности математической модели, которой владеет злоумышленник.

Цель атаки на стеганосистему во многом схожа с целью атак на криптосистемы, однако в стеганографии значительно возрастает роль активных атак. Извлечение скрытого сообщения может быть крайне сложным даже при наличии возможности проведения атаки. Одной из ключевых проблем остается идентификация наличия скрытой информации в произвольном контейнере. Поэтому стеганоанализ зачастую сводится не к поиску самого сообщения, а к попытке обнаружения стеганографического ключа или выявлению специфических признаков стеганообразования. Этот процесс более узконаправлен, но более реалистичен в условиях ограниченных ресурсов и информации.

Метод наименьшего значащего бита (НЗБ) является одним из простейших и наиболее распространенных методов стеганографии, используемых для сокрытия информации. Метод LSB (Least Significant Bit) изменяет значения последних значащих бит контейнера. В качестве контейнера могут использоваться аудиофайлы, видеофайлы, изображения и любые другие формы представления информации, состоящие из множества однородных численных значений. Удобство использования таких форматов заключается в том, что можно пренебречь точностью значений, из которых состоит контейнер, и, тем самым, проще скрыть информацию внутри него, не оставляя следов. При этом требуется, чтобы различия между пустыми и заполненными контейнерами были незаметны для человеческого восприятия.

Рассмотрим метод НЗБ на конкретном примере с 8-битным черно-белым изображением. В данном случае черный цвет обозначается как 00h или 0000000b в 8-битном представлении, а белый цвет — как Ffh или 1111111b. Имея 8 бит, каждое из которых может принимать значения 0 или 1, количество различных комбинаций равно 256 (2^8). Представим, что все пиксели до внедрения имели черный цвет: 00000001 00000011 00000010 00000011. Можно подсчитать изменение цвета каждого из пикселей: первый пиксель изменится на 1/255, второй на 2/255, третий на 2/255, а четвертый на 3/255. Подобные изменения не заметны для человеческого глаза и могут не фиксироваться на оборудовании с низкой чувствительностью. Преимуществом такого подхода является простота реализации. Этот метод применим для большого количества форматов, использующих наборы чисел для описания данных, отражающих характеристики блоков (видео, музыка, изображения и так далее). Для его применения необходимо, чтобы формат данных хранил массив значений, который затем преобразуется для восприятия человеческими органами чувств. Однако этот метод может быть обнаружен при помощи анализа энтропии наименьших значащих бит контейнера. Для борьбы с этим можно использовать предварительную обработку сообщения, помогающую придать ему статистические свойства, характерные для конкретного контейнера или его типов. Несмотря на это, метод LSB остается одним из наиболее известных и классических алгоритмов сокрытия информации благодаря своей простоте и универсальности.

При оценке данного метода стоит учитывать связи между младшими битами соседних элементов и их взаимодействие с остальными битами контейнера. В формате BMP для анализа используются наименьшие значащие биты цветовых компонентов соседних пикселей изображения. Пусть n — длина последовательности. В таком случае изменение значения i -ого элемента на значение $i+1$ элемента этой последовательности будет определяться как «переход», где i изменяется в диапазоне от 1 до $n-1$. Использование двоичного формата позволяет вручную перебрать все возможные переходы. В результате получаются четыре типа переходов: из 1 в 1, из 0 в 0, из 1 в 0 и из 0 в 1. На основе собранной статистики создается гистограмма, которая даёт возможность сделать вывод о наличии скрытого сообщения в анализируемом контейнере. Для каждого бита формируются четыре столбца, которые соответствуют переходу, как показано на рис. 1 и 2.

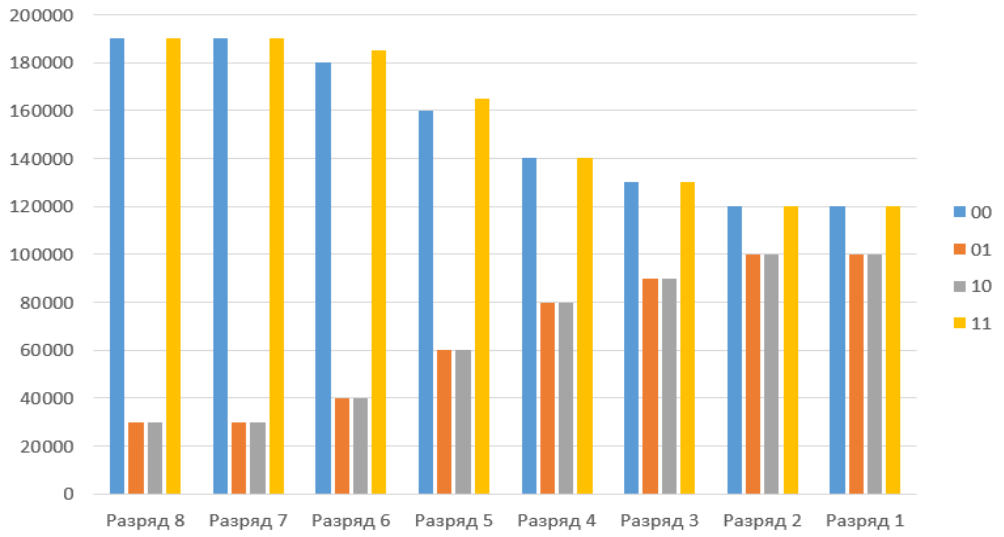


Рис. 1. Гистограмма пустого контейнера

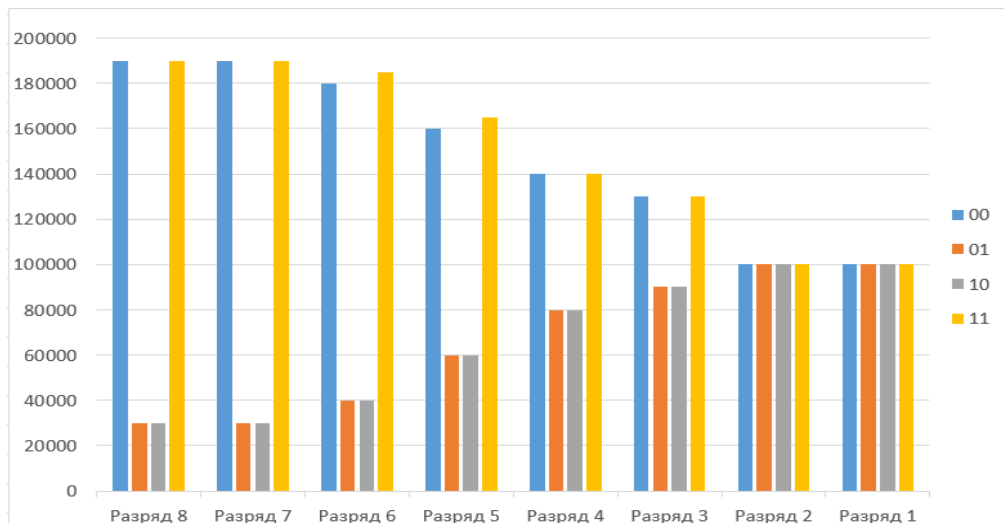


Рис. 2. Гистограмма контейнера с секретной информацией

Гистограмма пустого контейнера будет иметь разное число переходов в каждом разряде, так как распределение наименее значимых бит (НЗБ) имеет случайный характер, как показано на рис. 1.

Гистограмма контейнера, содержащего секретную информацию, будет иметь примерно равные состояния, что не свойственно пустому контейнеру.

В работе [6] был предложен метод подсчёта статистики:

$$\theta = \frac{m_{00} - m_{01}}{2} - \frac{m_{11} - m_{10}}{2},$$

где m_{ij} — количество переходов НЗБ из значения i в значение j .

Экспериментально необходимо будет найти критерий θ , который будет отвечать за принятие решения о наличии или отсутствии вложения в изображение.

Заключение. Стеганография обладает богатой историей, но, несмотря на это, остается еще недостаточно исследованной областью. Существование известных методов и формирование общей теоретической базы создают возможности для применения стеганографических технологий в практических задачах. Однако наличие множества нерешенных вопросов и отсутствие строгих теоретических основ подчеркивают необходимость проведения дополнительных исследований в этой сфере. В частности, важно разработать четкие математические модели для оценки различных методов, применяемых для сокрытия информации. С учетом полученных данных был выбран метод, который станет основой дальнейшего исследования и разработки программных инструментов. В частности, акцент сделан на использовании нечетких зашумленных битов (НЗБ) для встраивания информации в контейнеры, представляющие собой изображения в формате BMP. Этот формат предпочтителен, поскольку он не подвержен сжатию, что способствует сохранению качества и целостности скрываемой информации.

Список литературы

1. Артёхин Б.В. Стеганография. *Защита информации. Конфидент*. 1996;(4):47–50.
2. Швидченко И.В. Анализ криптостеганографических алгоритмов. *Проблемы управления и информатики*. 2007;4:149–155.
3. Барсуков В.С., Романцов А.П. Компьютерная стеганография: вчера, сегодня, завтра. Технологии информационной безопасности XXI века. *Специальная техника*. 1988;(4–5). URL: <https://skte.narod.ru/lib034.htm> (дата обращения: 21.03.2025).
4. Генне О.В. Основные положения стеганографии. *Защита информации. Конфидент*. 2000;(3):20–24. URL: <https://citforum.ru/internet/securities/stegano.shtml> (дата обращения: 21.03.2025).
5. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. *Цифровая стеганография*. Москва: Солон-Пресс; 2003. 263 с.
6. Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. *Компьютерная стеганография. Теория и практика*. Киев: МК-Пресс; 2006. 288 с.

Об авторах:

Никита Александрович Галичев, студент кафедры кибербезопасности информационных систем Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), galichevnikita@yandex.ru

Дарья Андреевна Штепа, студент кафедры кибербезопасности информационных систем Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), dasha.shtepa15@gmail.com

Элина Гаиковна Товмасыян, студент кафедры кибербезопасности информационных систем Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), elina.tovmasyan04@mail.ru

Ирина Александровна Алферова, старший преподаватель кафедры кибербезопасности информационных систем Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), irenphil@ya.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Nikita A. Galichev, Student of the Information Systems Cybersecurity Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), galichevnikita@yandex.ru

Darya A. Shtepa, Student of the Information Systems Cybersecurity Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), dasha.shtepa15@gmail.com

Elina G. Tovmasyan, Student of the Information Systems Cybersecurity Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), elina.tovmasyan04@mail.ru

Irina A. Alferova, Senior Lecturer of the Information Systems Cybersecurity Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), irenphil@ya.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 632.15

Проблема нефтяного загрязнения водной среды: разработка фильтров для очистки**С.Ф. Баранник**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассматривается проблема загрязнения водных ресурсов нефтепродуктами. Целью исследования являлся анализ нефтезагрязнения гидросферы, выбор оптимальных методов очистки сточных вод, а также разработка и внедрение инновационного фильтра для процесса очистки. В рамках статьи изучены методы загрязнения вод углеводородами, различные типы очистных сооружений и технологии очистки сточных вод. Кроме того, предложена блочно-модульная установка, выполняющая очистные процессы. Результаты исследования демонстрируют взаимосвязь между характеристиками загрязняющих веществ и типами очистных сооружений — локальными, общими или городскими. Также была разработана эффективная технология блочно-модульной установки, которая обеспечивает качество воды, соответствующее действующим санитарным нормам.

Ключевые слова: загрязнение водоемов, безопасность жизнедеятельности, экологическая безопасность, очистные сооружения, блочно-модульная установка, фильтр для очистки, сточные воды, нефтеотложения

Для цитирования. Баранник С.Ф. Проблема нефтяного загрязнения водной среды: разработка фильтров для очистки. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):82–85.

Oil Pollution of the Aquatic Environment: Development of Filters for Purification**Svetlana F. Barannik**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article discusses the issue of pollution of water resources with petroleum products. The aim of the study is to analyze oil contamination of the hydrosphere, identify optimal methods for wastewater treatment, and develop and implement an innovative filter for the purification process. The article examines methods of water pollution by hydrocarbons, types of wastewater treatment plants, methods of wastewater treatment, and also suggests a block-modular installation that performs purification processes. The results of the research demonstrate the relationship between the characteristics of pollutants and types of wastewater treatment plants - local, general, or urban. An efficient block-modular technology has been developed that ensures water quality meeting current sanitary standards.

Keywords: pollution of water bodies, life safety, environmental safety, sewage treatment plants, modular unit, filter for purification, wastewater, oil deposits

For Citation. Barannik SF. Oil Pollution of the Aquatic Environment: Development of Filters for Purification. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):82–85.

Введение. Значительное количество загрязняющих веществ, среди которых особое место занимают углеводороды, попадает в водоёмы. Основными источниками загрязнений нефтью и нефтепродуктами являются добывающие предприятия, транспортирующее оборудование, нефтебазы, нефтехранилища, танкеры и другие объекты. В настоящее время существует множество нефтехранилищ, содержащих нефтяные осадки и отходы. Данная статья посвящена анализу проблемы загрязнения водной среды нефтепродуктами. Актуальность данного вопроса очевидна, поскольку масштабы нефтезагрязнений гидросферы весьма значительны. Целью настоящего исследования является рассмотрение вопроса нефтезагрязнения гидросферы, выбор наиболее эффективного метода очистки сточных вод, а также обзор разработки фильтра для повышения эффективности процесса очистки.

Основная часть. В процессе различных работ с углеводородами происходит взаимодействие нефти с экологической системой, в результате которого сырьё в разных объёмах выделяется и загрязняет окружающую среду. Наибольшая часть загрязнений, как правило, попадает в водную среду. С учётом тяжелого экологического положения и

высокой концентрации загрязняющих веществ в водоемах необходимо внедрить ряд решений. К ним относятся, во-первых, решение экологической проблемы с помощью политического регулирования деятельности нефтяных предприятий и, во-вторых, решение этой проблемы с технической стороны путём внедрения очистного оборудования [1].

При взаимодействии нефти с водой и со временем объем углеводородов в водной среде может увеличиваться. Например, за период от 2 до 120 часов количество углеводородов в воде может возрасти с 0,2 до 1,4 мг/л. Следовательно, число углеводородов, взаимодействующих с водой, достаточно велико.

Для достижения эффективной очистки сточных вод крайне важно правильно выбрать метод очистки. Первым шагом в борьбе с загрязнениями водной среды является определение параметров и видов примесей в сточных водах. Выбор метода очистки зависит от нескольких факторов, включая объемы сточных вод, возможность организации очистных работ, требования к качеству очищенной воды для её дальнейшего использования в водоснабжении или сброса в водоемы, а также от имеющихся возможностей и необходимой техники для организации процесса очистки [2].

На начальном этапе очистных работ необходимо измерить концентрацию загрязняющих веществ в водоемах и, исходя из этого, определить тип необходимого очистного сооружения. В эксплуатации имеются локальные очистные сооружения, которые используются при высоких показателях загрязненности сточных вод. Чаще всего на сырьевых производствах применяются общие очистные сооружения. Существуют также и городские очистные сооружения.

После выбора типа очистного сооружения и проведения процесса очистки сточных вод необходимо повторно измерить концентрацию загрязняющих веществ в водоеме. Если уровень очистки оказался недостаточным и загрязняющие вещества были удалены не полностью, тогда сточные воды следует направить на доочистку в городские очистные сооружения. В случае, если количество примесей в воде находится в допустимом диапазоне, сточные воды можно сбрасывать в водоемы.

Далее рассмотрим различные типы очистных сооружений. Локальный тип в основном предназначен для очистки и обезвреживания жидкости после взаимодействия с химическими реагентами в технических цехах. Данная установка заменяет оборудование для извлечения химических загрязнителей из состава вещества.

Очистные сооружения общего типа обеспечивают очистку всех вод, загрязнённых углеводородами. Эта установка использует механические (например, фильтрация), физико-химические (например, разделение загрязняющих веществ и воды с помощью химических реагентов) и биологические (например, использование микроорганизмов для расщепления загрязняющих веществ) методы очистки [3]. Очистные сооружения районного и городского типа применяют различные перечисленные ранее методы очистки. Ежегодно в водную среду поступает большое количество сырья. Утечки углеводородов происходят в результате аварий при перевозке танкерами, сбросов отходов с предприятий в водоёмы, а также из-за естественных утечек из месторождений. Очистные процедуры должны проводиться до достижения определенного химического состава воды. Существуют разные уровни очистки водоёмов: для бытового использования требуется глубокая очистка (50 мг/л); при сбросе сточных вод в водоёмы достаточна неглубокая очистка (0,05 мг/л) [4].

Проблему загрязнения водной среды следует решать с помощью внедрения инновационных методов. Наиболее эффективной установкой среди очистных сооружений является технология, описанная в научной статье «Разработка блочно-модульной установки для очистки загрязнённых и нефтесодержащих вод и подготовки структурированной питьевой воды», автором которой является Таненков М. А. В этой работе автор разработал и подробно описал свою высокоэффективную технологию очистки сточных вод, которая будет подробно изложена далее.

Функциональная схема блочно-модульной установки представлена на рис. 1 [8].

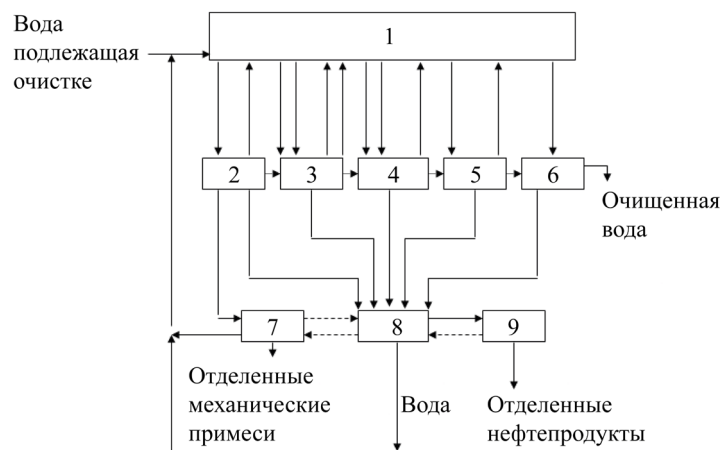


Рис. 1. Функциональная схема блочно-модульной установки: 1 — насосный модуль; 2 — модуль первичной очистки; 3 — модуль флотации; 4 — модуль озонирования; 5 — модуль отстаивания; 6 — фильтрующий блок; 7 — накопитель загрязняющих веществ; 8 — накопитель флотошлама; 9 — накопитель нефти

Технологию очистных работ с помощью блочно-модульной установки автор реализовал по следующей схеме [5].

Загрязнённая вода поступает в модуль первичной очистки, проходя через насосной модуль 1, где осуществляется механическая очистка жидкости от частиц загрязнителей. После этой первичной обработки жидкость направляется в накопитель загрязняющих веществ 7 и накопитель флотошлама 8, где задерживаются загрязняющие материалы. Нефтепродукты перенаправляются в накопитель нефти 9, а очищенная вода возвращается в насосной модуль 1. Затем вода перемещается в модуль флотации 3, где происходит более глубокая очистка. Полученный флотошлам вновь попадает в накопитель флотошлама 8, после чего очищенная жидкость проходит через насос 1 в модуль озонирования 4, на котором осуществляется последняя стадия очистки [6, 7]. После завершения всех этапов очистки вода поступает в модуль отстаивания 5, а затем проходит через фильтрующий блок 6, откуда уже сливается в водоёмы.

Технология очистки сточных вод, разработанная авторами, демонстрирует хорошие эксплуатационные результаты. Анализ среднестатистических данных о составе воды после очистки на существующих установках позволяет сделать вывод, что имеющееся оборудование не обеспечивает должной эффективности очистки, в отличие от предлагаемой блочно-модульной установки. Концентрации загрязняющих веществ, в частности нефтепродуктов, в водной среде до и после эксплуатации блочно-модульной установки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Концентрации углеводородов до и после внедрения для очистки блочно-модульной установки

№ пробы	Содержание до очистки, мг/л		Содержание до очистки, мг/л			
	Нефтепродукты	Механические примеси	На разработанной установке		На имеющихся установках	
			Нефтепродукты	Механические примеси	Нефтепродукты	Механические примеси
1	72,00	80,00	0,05	отс	5,00	1,70
2	34,00	37,00	0,04	отс	4,10	0,70
3	11,00	18,00	0,04	отс	3,70	0,40

Заключение. В данной статье рассматривается проблема загрязнения водной среды нефтепродуктами, которую возможно решить с помощью фильтров и очистных сооружений. Объектом анализа является инновационная разработка, обзор которой представлен в статье. В процессе эксплуатации предлагаемой блочно-модульной установки осуществляется эффективная очистка сточных вод от нефтепродуктов, что существенно повышает качество обработки.

Внедрение данной установки устраняет необходимость в доочистных мероприятиях, что делает процесс более экономичным и простым. Рассмотренная разработка гарантирует соответствие необходимым стандартам качества воды, установленным в нормативном документе 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода», а также удовлетворяет гигиеническим требованиям, предъявляемым к качеству воды, используемой в системе питьевого водоснабжения.

Список литературы

- Захаров С.Л. Очистка сточных вод нефтебаз. *Экология и промышленность России*. 2002;(1):35–37.
- Карелин Я.А., Попова И.А., Евсеева Л.А., Евсеева О.Я. *Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов*. Москва: Стройиздат, 1982. 184 с.
- Крылов И.О., Ануфриева С.И., Исаев В.И. Установка доочистки сточных и ливневых вод от нефтепродуктов. *Экология и промышленность России*. 2002;(6):17–20.
- Минаков В.В., Кривенко С.М., Никитина Т.О. Новые технологии очистки от нефтяных загрязнений. *Экология и промышленность России*. 2002;(5):7–9.
- Литвиненко А.Н., Клишков А.Б., Дмитренко А.В. *Блочно-модульная установка для очистки сточных вод*. Патент РФ, № 2048441. 1995. 18 с. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2048441C1_19951120.pdf (дата обращения: 01.04.2025).
- Литвиненко А.Н. *Химмотология нефтепродуктов, альтернативных топлив и технических жидкостей: монография*. Ульяновск: РАЕН, УНЦ РАЕН; 2013.
- Литвиненко А.Н., Моисеев В.И. *Химмотология горючего и технические средства нефтепродуктообеспечения: научно-технический сборник*. Ульяновск: РАЕН, УНЦ РАЕН; 2019. 414 с.
- Таненков М.А., Ягудин Д.Р., Хуснутдинов А.Р., Литвиненко А.Н. Разработка блочно-модульной установки для очистки загрязненных и нефтесодержащих вод и подготовки структурированной питьевой воды. *Молодой ученый*. 2010;(5(16)):131–135. URL: <https://moluch.ru/archive/16/1575/> (дата обращения: 01.04.2025).

Об авторах:

Светлана Федоровна Баранник, магистрант кафедры производственной безопасности Донского государственного технического университета, (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), svetlanabar26@bk.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Svetlana F. Barannik, Master's Degree Student of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), svetlanabar26@bk.ru

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.89

Текущие исследование безопасности и эффективности коллаборативных роботов

Д.Д. Овчинникова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Анализируются современные подходы к обеспечению безопасности и повышению эффективности коллаборативных роботов (коботов), включая внедрение методов искусственного интеллекта (ИИ). Представлен комплексный обзор как традиционных, так и инновационных методов, проводится детальный анализ их преимуществ и недостатков. Также в статье обсуждаются перспективы применения коботов в различных отраслях. Основное внимание уделяется разработке и внедрению решений, направленных на оптимизацию взаимодействия между человеком и роботом, что способствует более безопасной и эффективной работе в совместных условиях.

Ключевые слова: коллаборативные роботы, безопасность, эффективность, искусственный интеллект, взаимодействие человека и робота, современные технологии

Для цитирования. Овчинникова Д.Д. Текущие исследование безопасности и эффективности коллаборативных роботов. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):86–89.

Current Research on the Safety and Effectiveness of Collaborative Robots

Darya D. Ovchinnikova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article discusses modern approaches to ensuring the safety and efficiency of collaborative robots (cobots), including the use of artificial intelligence (AI) methods. An overview of traditional and innovative methods is presented, their advantages and disadvantages are analyzed, and the prospects for using cobots in various industries are discussed. The main focus is on the development and implementation of solutions aimed at improving human-robot interaction, which contributes to safer and more efficient collaboration.

Keywords: collaborative robots, safety, efficiency, artificial intelligence, human-robot interaction, modern technologies

For Citation. Ovchinnikova DD. Current Research on the Safety and Effectiveness of Collaborative Robots. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):86–89.

Введение. Совместная работа человека и коллаборативного робота (кобота) приобретает всё большую актуальность в условиях быстрого прогресса в сфере автоматизации и робототехники. Коллаборативные роботы создаются для эффективной совместной работы с людьми, что обуславливает необходимость обеспечения их безопасности и повышения степени эффективности. Но, как показывает практика, возникающие проблемы, такие как избыточные остановки коботов при приближении человека, недостаточная интуитивность взаимодействия и ограничения адаптивности роботов к изменяющимся условиям, требуют более детального анализа и поиска решений.

Ранее проведенные исследования описывают разнообразные технические решения для обеспечения безопасности, включая использование сенсоров, алгоритмов обнаружения препятствий и прогнозирования траекторий. Тем не менее, остаются пробелы, связанные с ограничениями традиционных подходов и недостаточным внедрением методов искусственного интеллекта (ИИ). Цель данного исследования заключается в анализе текущих решений в области взаимодействия человека и кобота, выявлении их сильных и слабых сторон, а также предложении направлений для будущих исследований.

Традиционные методы и современные подходы (на основе ИИ). Для повышения безопасности и эффективности коботов применяются разнообразные методы, которые можно условно разделить на две основные категории: традиционные методы и современные подходы, основанные на использовании искусственного интеллекта. Эти категории были выбраны из-за их актуальности и широкого применения в промышленности и научных исследованиях.

Традиционные методы обеспечения безопасности коботов включают следующие подходы:

- ограничение силы и мощности (Power and Force Limiting). Этот подход направлен на то, чтобы при контакте с человеком робот не мог причинить вред. Используются физические ограничения усилий в суставах или настройка чувствительности сенсоров. Робот автоматически останавливается при превышении заранее установленного порога силы. Данный метод полезен для предотвращения травм, однако может ограничивать скорость и производительность робота [1].

- безопасная остановка (Safety Rated Monitored Stop). Робот прекращает движение, если человек заходит в его рабочую зону. Остановка запускается при помощи датчиков, таких как лидары, камеры или инфракрасные устройства. Это решение гарантирует безопасность, но может приводить к увеличению простоев в работе, особенно при частом взаимодействии оператора с машиной [2].

- предустановленные зоны безопасности. Вокруг кобота задаются заранее определённые зоны. Если человек входит в одну из таких зон, робот автоматически останавливает свою работу. Эта методика обеспечивает базовый уровень безопасности, минимизируя риски, связанные с неожиданными действиями человека [3].

- контроль скорости и расстояния (Speed and Separation Monitoring). Для измерения расстояния между роботом и человеком используются специальные датчики. При приближении человека робот снижает скорость, а в случае критической близости — полностью останавливается. Данный метод требует тщательной калибровки, чтобы избежать ложных срабатываний [4, 5].

Современные подходы с использованием ИИ включают:

- прогнозирование поведения человека. Алгоритмы машинного обучения анализируют движения человека, предсказывают его следующие шаги и адаптируют траекторию кобота в реальном времени. Это решение позволяет преодолеть ограничения традиционных зон безопасности, делая взаимодействие более плавным и эффективным [6].

- компьютерное зрение. Система применяет камеры высокого разрешения в сочетании с алгоритмами распознавания объектов, поз и жестов, чтобы интерпретировать действия человека. Например, кобот может распознать поднятую руку как сигнал к остановке. Этот подход повышает точность восприятия окружающей среды и позволяет роботу принимать более сложные решения [7].

- интеллектуальное управление взаимодействием. Нейронные сети и алгоритмы глубокого обучения предоставляют коботам возможность адаптироваться к динамическим сценариям, предсказывать зоны активности человека и оптимизировать свое поведение. Данный метод обеспечивает высокий уровень адаптивности и интуитивности взаимодействия, что особенно важно в условиях неопределенности [8].

Примеры роботов и методов

1. Universal Robots UR Series: Эти роботы оборудованы сенсорами для обнаружения препятствий и активно используются в сборочных и упаковочных процессах. Применение датчиков обеспечивает высокий уровень безопасности, однако ограничивает их гибкость [9].

2. Rethink Robotics Sawyer: Данный робот оснащён системой компьютерного зрения для анализа объектов и используется в производственных процессах, где требуется взаимодействие с человеком, например, на конвейерных линиях [10].

3. KUKA LBR iiwa: Этот робот способен прогнозировать действия оператора и корректировать свои траектории благодаря использованию ИИ-алгоритмов. Он особенно полезен в операциях, где требуется высокая точность и тесное взаимодействие [11].

4. ABB YuMi: Этот робот обладает инновационным дизайном и встроенными механизмами безопасности, что делает его идеальным для сборки мелких электронных компонентов. Он выделяется своей эргономикой и лёгкостью интеграции [12].

В таблице 1 представлены преимущества и недостатки методов, о которых говорилось ранее.

Таблица 1

Преимущества и недостатки традиционных методов и методов с помощью ИИ

№	Методы	Преимущества	Недостатки
1	Традиционные методы	Простота реализации и относительная дешевизна	Ограниченная гибкость в работе
		Высокая надёжность в условиях заранее определённых сценариев	Частые остановки вблизи человека, что снижает производительность
		Минимальные требования к вычислительным ресурсам	Неспособность адаптироваться к сложным или изменяющимся условиям
2	Методы с искусственным интеллектом	Улучшенная адаптивность благодаря возможности анализа данных в реальном времени	Высокая стоимость разработки и внедрения
		Более высокая эффективность за счёт прогнозирования действий человека	Сложности в обучении моделей и их адаптации к новым сценариям
		Уменьшение количества ненужных остановок, что повышает производительность	Необходимость высококвалифицированного персонала для управления и обслуживания

Результаты сравнение методов

Традиционные методы являются более доступными с точки зрения стоимости и простоты внедрения. Они обеспечивают высокий уровень базовой безопасности, но ограничивают гибкость взаимодействия. Методы с ИИ предоставляют значительно более высокий уровень адаптивности и интуитивного взаимодействия, однако их высокая стоимость и сложность могут ограничивать применение в небольших организациях.

Например, использование компьютерного зрения позволяет коботам работать в динамической среде, предсказывая движение человека, тогда как традиционные сенсоры лишь фиксируют факт приближения объекта. Это даёт ИИ-методам преимущество в сценариях, требующих высокой скорости реакции и точности.

Заключение. В современных условиях развитие технологий для коллаборативных роботов открывает возможности для значительного повышения их безопасности и эффективности. Использование традиционных методов всё ещё актуально в ситуациях с ограниченным бюджетом или фиксированными сценариями взаимодействия. Однако внедрение методов искусственного интеллекта позволяет значительно улучшить адаптивность коботов, делая их взаимодействие с человеком более интуитивным и безопасным. Наибольший потенциал современных решений заключается в интеграции ИИ с традиционными методами, что позволяет создать баланс между стоимостью и производительностью. Дальнейшие исследования должны быть направлены на снижение стоимости ИИ-решений и упрощение их внедрения, что обеспечит широкое применение коботов в различных отраслях.

Список литературы

1. *New ISO Standard for Testing the Forces of Cobot Collisions*. URL: <https://www.iff.fraunhofer.de/en/press/2024/new-iso-standard-for-testing-the-forces-of-cobot-collisions.html> (дата обращения: 02.03.2025).
2. *Cobots: Power and Force Limiting*. URL: <https://ez.analog.com/ez-blogs/b/engineerzone-spotlight/posts/cobots-power-and-force-limiting> (дата обращения: 02.03.2025).
3. *Sicherheit in kollaborativen Roboteranwendungen*. URL: <https://www.sick.com/de/de/sick-sensor-blog/sicherheit-in-kollaborativen-roboter-anwendungen/w/blog-safety-collaborative-robot-applications/> (дата обращения: 02.03.2025).
4. *The Impact of Digital Transformation and How to Manage Disruptions*. URL: <https://www.engineering.com/the-impact-of-digital-transformation-and-how-to-manage-disruptions/> (дата обращения: 02.03.2025).
5. *Изучение взаимодействия человека и робота в производстве*. Falcon Scientific Editing. URL: <https://falcon-editing.com/ru/blog/izuchenie-vzaimodeistviia-cheloveka-i-robota-v-proizvodstve/> (дата обращения: 02.03.2025).
6. Villani V, Pini F, Leali F, Secchi C. Survey on Human–Robot Collaboration in Industrial Settings: Safety, Intuitive Interfaces and Applications. *Mechatronics*. 2018;55(2):248–266. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.02.009>
7. Ajoudani A, Zanchettin AM, Ivaldi S, Albu-Schäffer A, Kosuge K, Khatib O. Progress and Prospects of the Human–Robot Collaboration. *Autonomous Robots*. 2018;42(5):957–975. <https://doi.org/10.1007/s10514-017-9677-2>
8. Moniz J, Kragic D. Advances in Human–Robot Collaboration for Smart Manufacturing: A Review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2021;(67):102043. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.102043>
9. *Collaborative Robots (Cobots)*. URL: <https://www.universal-robots.com/>

10. *Sawyer Collaborative Robot*. URL: <https://www.rethinkrobotics.com/sawyer> (дата обращения: 02.03.2025).

11. *LBR iiwa — the Collaborative Robot*. URL: <https://www.kuka.com/en-de/products/robotics-systems/industrial-robots/lbr-iiwa> (дата обращения: 02.03.2025).

12. *YuMi — Collaborative Robot*. URL: <https://new.abb.com/products/robotics/yumi> (дата обращения: 02.03.2025).

Об авторах:

Дарья Дмитриевна Овчинникова, студент кафедры Института опережающих технологий «Школа икс» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), dovcinnikona889@gmail.com

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Dariya D. Ovchinnikova, Student of the Advanced Technologies Institute “School X” Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), dovcinnikona889@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 629.7.03

Технологии восстановления лопаток компрессоров газотурбинных двигателей

Хашим Мохаммед Рияд Хашим, А.С. Решенкин

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Восстановление работоспособности и продление сроков эксплуатации авиационных двигателей является актуальной задачей, особенно в условиях текущего санкционного давления со стороны западных стран. В этой связи анализ как новых, так и уже имеющихся технологий для их потенциального применения становится важной частью работы. Исследуя конструкции и эксплуатационные повреждения компрессоров авиационных двигателей, можно сделать вывод, что для эффективного восстановления функциональности поврежденных элементов необходимо грамотное сочетание современных технологий сварки, наплавки и пайки, а также внедрение инновационных материалов и оборудования.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, авиационные компрессоры, конструкция, технологии ремонта

Для цитирования. Хашим Мохаммед Рияд Хашим, Решенкин А.С. Технологии восстановления лопаток компрессоров газотурбинных двигателей. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):90–94.

Technologies for Restoring Compressor Blades of Gas Turbine Engines

Hashim Mohammed Riyad Hashim, Andrei S. Reshenkin

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

Restoring the operability and extending the service life of aircraft engines is a crucial task at all times. This issue is particularly pressing at present, in light of the sanctions imposed by Western countries. Therefore, analyzing new and existing technologies for potential use is a significant task. Considering the design and operational damage to aircraft engine compressors, we can conclude that effectively restoring the functionality of damaged components requires a competent combination of modern welding, surfacing, and soldering techniques, as well as innovative materials and equipment.

Keywords: gas turbine engine, aircraft compressors, design, repair technologies

For Citation. Hashim Mohammed Riyad Hashim, Reshenkin AS. Technologies for Restoring Compressor Blades of Gas Turbine Engines. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):90–94.

Введение. С развитием технологий в области двигателестроения возникает необходимость решения множества задач, связанных с повышением надежности и долговечности газотурбинных двигателей. Основная цель заключается в одновременном снижении затрат на техническое обслуживание и ремонт [1], а также минимизации времени и трудозатрат на данные процессы. Особое внимание следует уделить наиболее критичным и дорогостоящим компонентам, таким как лопатки компрессоров, которые играют ключевую роль в функционировании двигателя. В последние годы наблюдается тенденция к применению монолитных конструкций рабочих колёс компрессоров. Это решение повышает прочность и надежность, однако также ставит перед инженерами новые вызовы, касающиеся обслуживания и ремонта. Повреждения лопаток компрессора в процессе эксплуатации остаются одной из основных причин досрочного вывода из эксплуатации множества двигателей. Основные факторы повреждения лопаток включают засасывание посторонних предметов с аэродромной поверхности, столкновения с птицами, попадание камней и льда. Эти факторы могут привести к серьёзным повреждениям, требующим немедленного ремонта или замены. Таким образом, восстановление лопаток компрессоров является актуальной задачей, направленной на повышение надежности и ресурса работы газотурбинных двигателей.

Основная часть. На сегодняшний день в авиастроении широко используются два основных типа компрессоров — центробежные и осевые. Центробежный компрессор достигает своей цели, забирая поступающий воздух и разгоняя его наружу за счёт центробежного воздействия. На рис. 1 представлен турбовинтовой двигатель Garrett TPE331 с двухступенчатым центробежным компрессором [2].

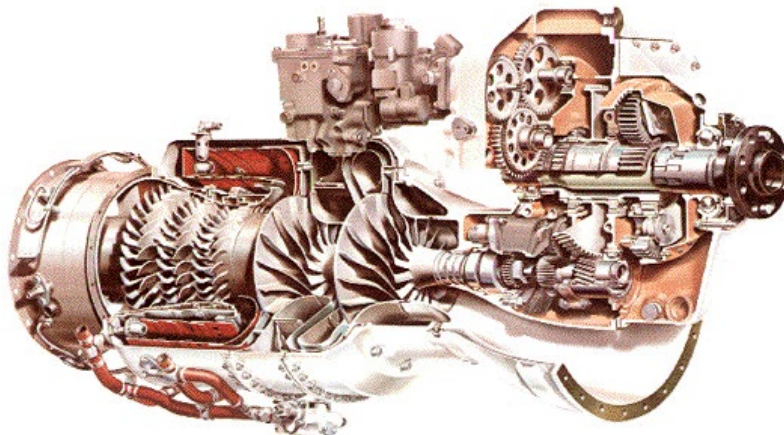


Рис. 1. Турбовинтовой двигатель Garrett TPE331 с двухступенчатым центробежным компрессором

Осевой компрессор сжимает воздух, в то время как он продолжает поступать в своём первоначальном направлении, таким образом избегая потерь энергии, вызванных поворотами. Компоненты каждого из этих двух типов компрессоров выполняют индивидуальные функции по сжатию воздуха для секции сгорания. Основная задача компрессора заключается в повышении давления.

Центробежный компрессор состоит из рабочего колеса (ротора), диффузора (статора) и компрессорного коллектора. Центробежные компрессоры имеют высокий перепад давления на каждой ступени, который может составлять около 8:1. Они, как правило, имеют не более двух ступеней из соображений эффективности. Два основных функциональных элемента здесь — это рабочее колесо и диффузор.

Диффузор представляет собой отдельный узел, который устанавливается внутри и крепится болтами к коллектору; весь узел (диффузор и коллектор) часто называется диффузором. При анализе компрессора узлы рассматриваются по отдельности. Рабочее колесо, обычно изготовленное из ковального алюминиевого сплава, проходит термическую обработку, механическую обработку и сглаживание для минимизации ограничения потока и турбулентности. В большинстве случаев рабочее колесо изготавливается из цельной заготовки, и его функция заключается в захвате и ускорении потока воздуха, направляя его к диффузору. Рабочие колеса бывают двух типов: с одним входом и с двумя входами. Основные различия между этими двумя типами заключаются в размере и расположении воздухопроводов. Рабочее колесо с двумя входами имеет меньший диаметр, но обычно работает с более высокой скоростью вращения, чтобы обеспечить достаточный поток воздуха. Рабочее колесо с одним входом (рис. 2) позволяет удобно подводить воздуховод непосредственно к отверстию рабочего колеса (лопаткам направляющего аппарата), в отличие от более сложного воздуховода, необходимого для подвода воздуха к задней стороне рабочего колеса с двумя входами. Несмотря на то, что рабочее колесо с одним входом может быть немного эффективнее в плане забора воздуха, его диаметр должен быть больше для обеспечения того же объёма воздуха, что создаёт дополнительное давление на общую конструкцию двигателя.



Рис. 2. Крыльчатка центробежного компрессора

В состав воздуховода для компрессоров с двойным всасыванием входит нагнетательная камера. Для таких компрессоров необходима камера, расположенная почти под прямым углом к оси двигателя, чтобы обеспечить положительный поток, который требует, чтобы воздух поступал в компрессор под положительным давлением. В этих устройствах в состав нагнетательной камеры входят вспомогательные воздухозаборные створки (впускные дверцы), которые пропускают воздух в моторный отсек во время наземной эксплуатации, когда потребность двигателя в воздухе превышает поток, проходящий через воздухозаборники. При неработающем двигателе створки удерживаются пружинами в закрытом положении, а при падении давления в моторном отсеке ниже атмосферного пружины автоматически открывают створки. Давление встречного потока воздуха в моторном отсеке помогает пружинам удерживать створки закрытыми во время взлета и полета.

Диффузор представляет собой камеру с несколькими лопастями, образующими ряд расходящихся каналов, ведущих в коллектор. Лопасти диффузора направляют поток воздуха от крыльчатки в коллектор под углом, который рассчитан на сохранение максимального количества энергии, передаваемой крыльчаткой. Они подают воздух в коллектор со скоростью и давлением, достаточными для использования в камерах сгорания.

Коллектор компрессора направляет воздух из диффузора в камеры сгорания и имеет выпускные отверстия для каждой камеры для равномерного распределения воздуха. Выпускной патрубок крепится к каждому выходному отверстию, и такие отверстия, выполненные в виде каналов, известны под разными названиями, например, выпускные каналы, выпускные патрубки или впускные каналы камер сгорания. Несмотря на различия в терминологии, все эти выпускные каналы выполняют очень важную часть процесса диффузии, ведь они изменяют радиальное направление воздушного потока на осевое направление, в котором процесс диффузии завершается после поворота. Для эффективного выполнения этой функции в некоторые колена иногда устанавливаются поворотные лопасти (каскадные лопасти), которые обеспечивают гладкую поворотную поверхность.

Осевой компрессор — это устройство, предназначенное для сжатия газов, в частности воздуха, с использованием осевого потока. Основными конструктивными элементами осевого компрессора являются ротор и статор. Ротор компрессора — это подвижная вращающаяся часть, на которой закреплены лопатки, выполненные из специальных сплавов. Статор — неподвижная часть компрессора, состоящая из рядов лопаток, которые жёстко закреплены внутри корпуса. Все лопатки статора расположены радиально к оси ротора и плотно прилегают к каждой ступени лопаток ротора. Компрессор одновального ТРД изображен на рис. 3 [3].

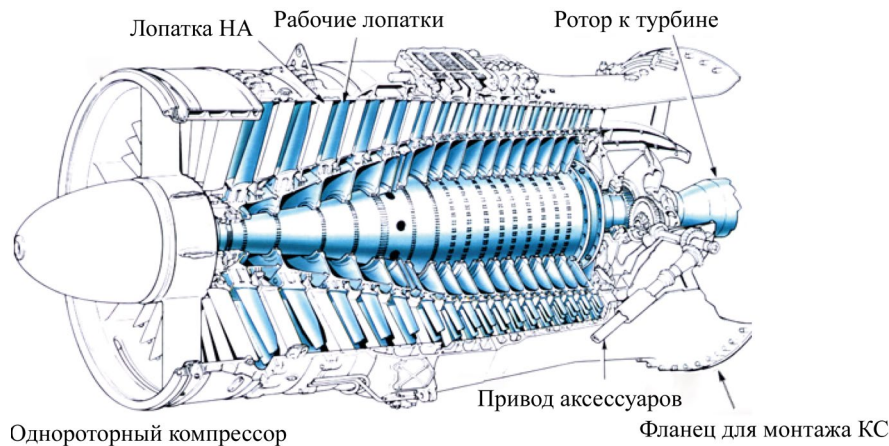


Рис. 3. Компрессор одновального ТРД

Корпус компрессора выполнен разъёмным из двух половин, что позволяет обеспечить доступ для обслуживания или замены лопаток. Одним из главных преимуществ осевых компрессоров является их высокая эффективность при больших объемах воздуха. Авиационные осевые компрессоры имеют компактные размеры и относительно низкий вес. Основным недостатком осевых компрессоров является низкая эффективность при небольшом расходе воздуха; кроме того, высокая точность изготовления является обязательным требованием.

В процессе эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей на лопатки компрессоров воздействует небольшое количество факторов, которые существенно влияют на их работоспособность и долговечность. Все эти факторы можно условно разделить на две основные категории: силовые факторы и факторы окружающей среды. Силовые факторы в большинстве случаев определяются конфигурацией лопаток и влиянием внешних сил (статические, газодинамические и вибрационные нагрузки). Эта категория факторов прогнозируется и учитывается на стадии проектирования. Однако вторая категория факторов более сложная. Она обусловлена особенностями окружающей среды, в которой функционирует двигатель.

К таким факторам можно отнести попадание посторонних предметов, коррозию, перепады температуры, эрозию, износ и фреттинг-коррозию. Попадание различных предметов в компрессор может привести к серьёзным повреждениям лопаток, что неизбежно вызовет отказ двигателя [4]. Например, попадание птиц, града или мелких деталей и инструмента, оставленных при обслуживании, может привести к образованию забоин и трещин на поверхности лопаток. Эрозия, вызванная воздействием мелких частиц, таких как песок, может привести к изменению аэродинамической формы лопаток и снижению их эффективности. Это особенно актуально в условиях эксплуатации в регионах с высоким уровнем запыленности воздуха.

Коррозия также может существенно повлиять на работоспособность лопаток. Она возникает в результате воздействия агрессивных сред, таких как соли, кислоты или другие химические вещества, которые могут находиться в атмосфере или образовываться в процессе работы двигателя. Коррозия ослабляет материал, что снижает его усталостную прочность и может привести к преждевременному выходу из строя. Фреттинг-коррозия возникает из-за микродвижений между контактирующими поверхностями и тоже негативно сказывается на состоянии лопаток. Эти микродвижения могут приводить к образованию трещин и повреждений, что, в конечном итоге, также может стать причиной отказа детали.

Наиболее распространённые неисправности компрессоров связаны именно с попаданием в двигатель посторонних предметов [5–7], о чем свидетельствуют многочисленные статистические данные о летных происшествиях. Например, согласно исследованиям, проведённым в авиационной отрасли, более 30 % инцидентов с двигателями связано с повреждениями, вызванными попаданием птиц. Это явление может приводить к серьёзным повреждениям, требующим немедленного ремонта или замены лопаток.

На основании вышеизложенного восстановление геометрии и функциональности лопаток компрессора критически важно для поддержания работоспособности двигателя и увеличения его ресурса. Среди наиболее эффективных методов ремонта можно выделить сварку, наплавку и пайку, каждая из которых обладает своими преимуществами и сферами применения.

Сварка трением — это метод, получивший широкое распространение, позволяющий создавать прочные и высококачественные соединения без использования присадочного материала. Его ключевое преимущество заключается в минимальном термическом воздействии на основную деталь, что снижает риск образования микротрещин и деформаций. Ярким примером инновационного применения сварки трением является технология, разработанная компанией United Technologies Corporation (UTC) [8]. Эта компания разработала ресурсоэффективный метод сборки рабочих колёс типа «блиск», где диск и лопатки изготавливаются отдельно, а затем соединяются методом сварки трением. Это позволяет значительно сократить количество отходов и повысить производительность, что особенно актуально в условиях растущей стоимости материалов и стремления к экологически чистой промышленности.

В свою очередь, компания General Electric (GE) предложила усовершенствованную технологию сварки трением [9]. Их подход заключается в создании специального профиля на краю диска — выступов, напоминающих гребень волны, с продольными прямоугольными канавками. Эта модификация способствует лучшему замыканию и пластической деформации металла в зоне соединения, что обеспечивает повышенную прочность и сопротивляемость усталостным нагрузкам при высоких температурах и давлениях. Такой подход позволяет компенсировать концентрацию напряжений и повысить надёжность работы всего узла.

Если требуется восстановление изношенных или повреждённых поверхностей лопаток, эффективным методом является наплавка, заключающаяся в нанесении на поверхность детали расплавленного присадочного материала с заданными характеристиками. Наплавка позволяет восстанавливать геометрию, износостойкость и жаропрочность лопаток, значительно продлевая срок их службы.

Пайка применяется для ремонта трещин или сколов на кромках лопаток. Основным отличием от сварки является использование припоя с более низкой температурой плавления, чем у основного материала. Пайка обеспечивает высокую герметичность соединения, хотя ее прочность ниже, чем у сварных швов. Это применимо в тех случаях, когда необходимо максимально снизить термическое воздействие на деталь, обеспечивая при этом высокую точность соединения.

Заключение. В заключение следует отметить, что для выбора оптимального метода восстановления лопаток газотурбинных двигателей требуется учитывать характер и степень повреждения, тип материала лопаток и требования к прочности и надёжности соединения. Сочетание современных технологий сварки, наплавки и пайки, а также использование инновационных материалов и оборудования, позволит эффективно восстанавливать функциональность лопаток, значительно увеличивая ресурс и срок службы авиационных газотурбинных двигателей.

Список литературы

- ГОСТ 18322–78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. Центр аттестации и экспертизы. URL: https://www.centrattek.ru/normativnye_dokumenty/gosty1/gost-18322-78-sistema-tekhnicheskogo-i-remonta-i/ (дата обращения: 22.01.2025).
- Турбовинтовой двигатель Garrett TPE331 с двухступенчатым центробежным компрессором. URL: <http://avia-simply.ru/kompressori-aviacionnih-gtd/> (дата обращения: 22.01.2025).
- Компрессор одновального ТРД. URL: <http://avia-simply.ru/kompressori-aviacionnih-gtd/> (дата обращения: 22.01.2025).
- Белоусов М.Г., Цуркаль А.А. Исследование факторов, влияющих на повреждаемость и разрушение лопаток компрессоров авиационных двигателей. *Электронный журнал «Труды МАИ»*. 2013;(65):1–14. URL: <https://mai.ru/upload/iblock/12f/12fedd7f43827822b63847294dd0ce65.pdf> (дата обращения: 12.02.2025).
- Лозицкий Л.П., Ветров А.Н., Дорошко С.М., Иванов В.П., Коняев Е.А. *Конструкция и прочность авиационных газотурбинных двигателей*. Москва: Воздушный транспорт; 1992. 535 с.
- Петухов А.Н. *Сопротивление усталости деталей ГТД*. Москва: Машиностроение; 1993. 231 с.
- Методология установления и увеличения ресурсов авиационных двигателей и их элементов. Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова URL: <https://ciam.ru/research/strength-reliability/resource/> (дата обращения: 12.02.2025).
- Walker H, Hilton SA, Barbieri JoAnn, Fournier JP, Trask RD. *Method for Linear Friction Welding and Product Made by Such Method*. United States Patent, No. US 6,219,916 B1. 2001. 14 p. URL: <http://patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US6219916.pdf> (accessed: 01.04.2025).
- Crall DW, Kelley JR, Prentice IF, McNulty GS, Toye MdeW. *Fluted Blisk*. United States Patent, No. US 6,478,545 B1. 2002. 13 p. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US6478545.pdf> (accessed: 01.04.2025).

Об авторах:

Хашим Мохаммед Рияд Хашим, магистрант кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и наземного оборудования Донского государственного технического университета (344023, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны советов, 1), mmhm2400@gmail.com

Андрей Станиславович Решенкин, заведующий кафедрой технической эксплуатации летательных аппаратов и наземного оборудования Донского государственного технического университета (344023, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны советов, 1), reshenkin@list.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Hashim Mohammed Riyad Hashim, Master's Degree Student of the Department of Technical Operation of Aircraft and Ground Equipment, Don State Technical University (1, Strana Sovetov Str., Rostov-on-Don, 344023, Russian Federation), mmhm2400@gmail.com

Andrei S. Reshenkin, Head of the Department of Technical Operation of Aircraft and Ground Equipment, Don State Technical University (1, Strana Sovetov Str., Rostov-on-Don, 344023, Russian Federation), reshenkin@list.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 811.124

Роль мифологических терминов в формировании ветеринарной терминологии

Е.А. Николаева

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассматривается происхождение и применение терминов, заимствованных из мифологии Древней Греции, в контексте ветеринарной практики. Проведен глубокий анализ влияния античных мифологических образов на формирование современной научной терминологии. Приводятся примеры наиболее распространенных мифологических терминов, используемых в анатомии и фармакологии. Данное исследование акцентирует внимание на значимости античного наследия для развития лексического запаса современной ветеринарии.

Ключевые слова: мифология, ветеринарная терминология, анатомические термины, мифические персонажи, медицинская лексика

Для цитирования. Николаева Е.А. Роль мифологических терминов в формировании ветеринарной терминологии. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):95–97.

The Role of Mythological Terms in the Formation of Veterinary Terminology

Ekaterina A. Nikolaeva

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The origin and use of terminology borrowed from the Ancient Greek mythology have been studied in the context of veterinary practice. A deep analysis of the influence of ancient mythological images on the formation of modern scientific terminology has been conducted. The examples of the most common mythological terms used in anatomy and pharmacology have been provided. The present research focuses on importance of the heritage of antiquity for development of the modern veterinary medicine vocabulary.

Keywords: mythology, veterinary terminology, anatomical terms, mythological characters, medical vocabulary

For Citation. Nikolaeva EA. The Role of Mythological Terms in the Formation of Veterinary Terminology. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):95–97.

Введение. Ветеринария представляет собой область научных знаний, посвященную лечению и профилактике заболеваний животных. Как самостоятельная дисциплина, ветеринария начала формироваться с момента одомашнивания животных, когда человечество осознало важность заботы о здоровье своих питомцев. Первые попытки лечения животных относятся к древним цивилизациям, стремившимся защитить скот от болезней и травм. Значительный вклад в развитие ветеринарии внесли военные конфликты: возникла необходимость в лечении раненых лошадей и других животных, что способствовало появлению первых специализированных методов лечения и медицинских инструментов.

Латинский и древнегреческий языки стали ключевыми источниками в формировании ветеринарной терминологии. Их богатая лексика и тесная связь с мифологией позволили создать значительный пласт специализированной лексики, который сохраняет свою актуальность и в наше время. В данной статье рассматривается роль мифологических образов в формировании ветеринарных терминов, а также приводятся примеры наиболее значимых из них.

Основная часть. Ветеринарная наука начала формироваться около 10 тысяч лет назад, когда человек стал приручать животных. Первые письменные свидетельства о ветеринарной практике встречаются в древнешумерских и египетских текстах [1]. Одним из наиболее известных источников является Папирус Кануха, написанный около 1800 года до н. э. В этом документе наблюдается систематизированный подход к лечению: описывались симптомы, ставился диагноз и предлагалась терапия.

Военные конфликты также сыграли значительную роль в развитии ветеринарии. Боевые животные, особенно лошади, нуждались в качественном уходе, что стимулировало развитие ветеринарных технологий. В этот период появились первые хирургические инструменты, фиксирующие устройства и специальные сосуды для хранения лекарств [2].

В античный период уход за животными стал более профессиональным. Гиппократ, Гален и другие древнегреческие и римские ученые оставили записи, содержащие рекомендации по лечению животных, хирургическим вмешательствам и профилактике заболеваний [3]. Многие термины, использованные ими, на латинском и древнегреческом языках сохранились и по сей день в медицинской и ветеринарной практике.

Новая волна интереса к анатомии животных возникла в эпоху Возрождения. В этот период активно изучались и переводились труды античных авторов, а также формировалась современная научная терминология. Латинский язык стал международным средством научного общения, обеспечивая единую систему терминов для ветеринаров Европы [4].

С древних времен мифология служила источником научной терминологии [5]. В античности мифы использовались для объяснения сложных природных явлений, строения организма и физиологических процессов. Богатство греческой и римской мифологии, ее символизм оказали влияние не только на медицину, но и на ветеринарию [6].

Во времена, когда ученые только начинали систематизировать знания об анатомии, они часто использовали мифологические образы для обозначения сложных структур. Так, первый шейный позвонок получил название «атлант» в честь титана, который, согласно мифу, держал небесный свод. Этот термин подчеркивает ключевую функцию позвонка — поддержку головы.

В эпоху Возрождения мифологические образы получили вторую жизнь. Переписывая анатомические трактаты, ученые добавляли к уже существующим названиям новые термины, отражающие не только анатомические структуры, но и их функции. Например, паутинная оболочка мозга (*arachnoidea encerephali*) названа в честь мифологической Арахны, символизирующей искусство плетения, что подчеркивает тонкую структуру оболочки.

Примечательно, что мифологические термины сохранились в науке и до сих пор остаются актуальными. Их использование облегчает процесс запоминания сложных анатомических понятий, поскольку мифические образы вызывают яркие ассоциации. Например, «ахиллово сухожилие» (*chorda Achillis*) связано с легендой об уязвимости героя, что наглядно демонстрирует значение этой анатомической структуры.

Более того, мифология повлияла и на наименование лекарств. Препарат морфий (*Morphine*), обладающий сильным снотворным эффектом, получил свое название в честь Морфея — бога сновидений [7].

Помимо рассмотренных выше терминов, из мифологии Древней Греции и Рима пришли и другие понятия, которые нашли применение в ветеринарной практике и смежных науках [8]. Например, название «сфинктер» (*sphincter*) для мышечной структуры, регулирующей поток веществ в организме, происходит от мифического существа Сфинкса, известного своей ролью хранителя и стража.

Имя богини здоровья Гигиены (*Hygieia*) дало начало термину «гигиена» (*hygiene*), который играет важнейшую роль в ветеринарной профилактике инфекционных заболеваний. Префикс «пан» (*pan-*), означающий «всеобъемлющий» или «универсальный», связан с богом природы Паном. Например, термин «панкреас» (*pancreas*), что дословно переводится как «вся плоть» (от греческого *pan* — «все» и *kreas* — «мясо»), используется для обозначения поджелудочной железы [9].

Термин «нарциссизм», заимствованный из мифа о Нарциссе, отражает концепцию чрезмерного самовосхваления и в психологии иногда применяется для объяснения поведенческих аномалий у животных. Лексема «фобия» (*phobia*) используется для обозначения иррациональных страхов; множество таких страхов имеют корни в мифологии, например, кенофобия (страх пустоты) и агорафобия (страх открытых пространств). Это может быть полезным при изучении стресса и тревожных состояний у животных.

Название «церебрум» (*cerebrum*) связано с Церерой, богиней плодородия, символизируя «плодородие мыслей» и подчеркивая значение мозга как центрального органа управления. Асклепий (или Эскулап) — бог врачевания, символ которого, жезл, обвитый змеей, стал эмблемой медицины. Этот символ также важен для ветеринарии как ее медицинской основы. Имя мифического бога Протея (*Proteus*), способного изменять форму, дало название белкам — протеинам, которые выполняют множество функций в организме, включая регуляцию процессов в тканях животных.

Термин «эпидемия» связан с именем Эпидемии, дочери Асклепия, а «паника» — с именем Пана, который внушал животный страх. Эти понятия подчеркивают важность понимания массовых заболеваний и поведенческих реакций в популяциях животных.

Эти примеры свидетельствуют о тесной связи мифологии и научной терминологии, что делает мифы важным культурным и лингвистическим ресурсом [10].

Заключение. В результате проведенного исследования было выявлено, что влияние мифологии на ветеринарную терминологию гораздо шире, чем кажется на первый взгляд. Включение таких терминов, как «сфинктер», «гиппокамп», «ахиллово сухожилие», «панкреас» и многих других, свидетельствует о значении мифологических образов в формировании научного языка. Эти заимствования подчеркивают важность античного наследия и его роль в создании терминологической базы, которая актуальна до сих пор в ветеринарии и смежных дисциплинах.

Список литературы

1. Бондарь Л.Д. Латинский язык сегодня: попытка возрождения языка межкультурного общения. *Ученые записки Санкт-Петербургского университета технологий управления и экономики*. 2021;(2(74));18–23.
2. Kachlik D, Musil V, Vasko S, Klaue K, Stingi J, Baca V. Calcaneus, Calcaneal Tendon and Retrocalcaneal Bursa. Historical Overview and Plea for an Accurate Terminology. *Acta Chirurgica Belgica*. 2010;110(2):255–60. <https://doi.org/10.1080/00015458.2010.11680613>
3. Niemi M. Magic, Myths and Molecules. Medicine-from Hippocrates to the Future. *Duodecim*. 1997;113(14):1329–1335.
4. Рагимова В.М. Значение латинского языка в современном медицинском образовании как основного профессионального терминологического языка медицинского персонала. В: *Труды международной научно-практической конференции «Инструменты и механизмы современного инновационного развития» Томск, 25 марта 2016 года*. Уфа: Аэтерна; 2016. С. 153–155.
5. Cilione M, Gazzaniga V, Zampieri F. Mythology and Rational Explanation in the History of Medicine the Case of Molar Pregnancy. *Ceska Gynecologie*. 2020;85(6):436–439.
6. Stothers RB. Ancient Scientific Basis of the “Great Serpent” from Historical Evidence. *Isis*. 2004;95(2):220–238. <https://doi.org/10.1086/426195>
7. Karenberg A. Götterwelten in der Heilkunde. *Zeitschrift für Rheumatology*. 2017;76(7):630–635. <https://doi.org/10.1007/s00393-017-0320-6>
8. Tainmont J. A Historical Vignette. The Imagination and Medical Nomenclature; Teutonic Mythology as a Presence in ENT and Related Fields. *B-ENT*. 2008;4(3):193–199.
9. Palacios-Sánchez L, Botero-Meneses JS, Vélez-Flórez MC. Pan, Syrinx and Syringomyelia. *Archivos de Neuro-Psiquiatria*. 2017;75(12):890–891. <https://doi.org/10.1590/0004-282x20170140>
10. Karenberg A. “Die Poesie in Wirklichkeit Verwandeln”. Antike Sagengestalten in der modernen Medizin (“Transforming poetry into reality”) — Figures in the Legends of Antiquity in Modern Medicine). *Deutsche Medizinische Wochenschrift*. 2003;128(51–52):2698–2706. <https://doi.org/10.1055/s-2003-812548>

Об авторах:

Екатерина Андреевна Николаева, студент кафедры биологии и общей патологии Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), katrinnik000@gmail.com

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Ekaterina A. Nikolaeva, Student of the Biology and General Pathology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), katrinnik000@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 81-26

Лингвокультурологический анализ особенностей внутриигрового дискурса русско-, англо-, испано- и арабговорящих сообществ World of Tanks Blitz

В.В. Дудка, М.А. Кузелев

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Статья посвящена особенностям лингвокультурологии. Предметом исследования выступает язык и его использование для кооперации игроков известной видеоигры World of Tanks Blitz. Главным образом исследование направлено на сравнение игровых механик и сюжета на русском, английском, испанском и арабском клиентах видеоигры.

Ключевые слова: лингвокультурология, компьютерный дискурс, культурная идентичность, языковая идентичность, видеоигра, межкультурная коммуникация, локализация

Для цитирования. Дудка В.В., Кузелев М.А. Лингвокультурологический анализ особенностей внутриигрового дискурса русско-, англо-, испано-, и арабговорящих сообществ World of Tanks Blitz. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):98–101.

Linguocultural Analysis of Game Discourse Features in Russian-, English-, Spanish- and Arabic-Speaking Communities of World of Tanks Blitz

Vladislav V. Dudka, Maxim A. Kuzhelev

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article investigates the features of cultural linguistics. The subject of the research is the language and its use in the frame of communication of players of the famous video game World of Tanks Blitz. The research primarily aims at comparing game mechanics and plot in Russian, English, Spanish and Arabic localizations of the video game.

Keywords: cultural linguistics, computer discourse, cultural identity, linguistic identity, video game, intercultural communication, localization

For citation. Dudka VV, Kuzhelev MA. Linguocultural Analysis of Game Discourse Features in Russian-, English-, Spanish- and Arabic-Speaking Communities of World of Tanks Blitz. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):98–101.

Введение. Компьютерный дискурс является неотъемлемой частью современной коммуникации. В последние годы интернет-доступ стал практически повсеместным, а мобильные устройства создали огромный плацдарм для взаимодействия друг с другом через различные онлайн-платформы. В игре World of Tanks, представляющей собой многопользовательскую онлайн-игру, язык становится ключевым средством формирования межкультурных взаимоотношений. Присутствующая культурная идентичность, проявляющаяся в специфичном поведении игроков, описании характеристик танка, личных и клановых боевых задач, взводной игре, сертификатов, бустеров и прочего на исходном языке носителя тесно сочетается с общепринятым английским языком, что приводит к межкультурной интеграции и пониманию между игроками.

Цель исследования заключается в выявлении влияния языковой идентичности и культурных различий на игровые механики и взаимодействие между игроками, а также на общение людей в контексте реального общения.

Основная часть. Компьютерный дискурс, по мнению отечественного лингвиста Е. Н. Галичкиной, является «многожанровой функциональной разновидностью публичной монологической речи, появившейся в процессе межличностного компьютерного общения» [1]. Важно отметить, что компьютерный дискурс не просто сосуществует с реальным общением, но активно проникает в него, меняя языковые стандарты и влияя на социальное взаимодействие. Кашкин В.Б. отмечает, что дискурс всегда должен служить определенным целям и быть эффективным для их достижения, если нет доказательств противного [2].

В онлайн-играх участники игрового процесса формируют и демонстрируют свою культурную идентичность, которая проявляется через выбор языка общения, использование специфических игровых понятий и сленга, ощущая себя частью сообщества, разделяющего этот язык. По мнению ученых, занимающихся изучением проблем межкультурной коммуникации (МКК), культурная идентичность определяет собой «осознанное принятие человеком соответствующих культурным норм и образцов поведения, ценностных ориентаций и языка, понимание своего «я» через призму характеристик, принятых в данном обществе, и самоотождествление себя с культурными образцами именно этого общества» [3].

Как и в любой другой видеоигре, весь «геймплей» World of Tanks может быть подразделен на небоевой режим (когда танк находится в ангаре или в тренировочной комнате) и боевой режим (встречный бой, превосходство, рейтинговый бой и турнир). Именно в боевом режиме присутствует та самая культурная и языковая идентичность, когда мы можем более подробно разобраться в таких выражениях, как: «у него ВЛД по центрику слабый» (верхняя лобовая деталь, по сути, бронелист), «Take it quickly, it's on CD!» (от англ. cooldown — перезарядка), «¡No le entré con la BP, pero le mandé un AE que le quitó medio PS!» (Я не пробил его бронебойным снарядом, но кинул фугас, который снял ему половину очков здоровья) или «بذهبيططق ، دمرم يا» (Yā mudammir, taṭṭiq 'alayh bi-dhahab — Эй, ПТ-САУ, пальни в него голдой). Такие команды используются только в боевом режиме, поскольку тайминг напрямую влияет на успешность боевых действий.

Поговорим подробнее о собственных прозвищах для танков, которые придумывают игроки различных национальностей для создания уникальной идентификации и упрощения коммуникации. Наиболее распространенным и любимым является британский танк X уровня FV215 b (183), известный как «бабаха». Это прозвище, как предполагается, происходит от звука «бабах», который имитирует громкий выстрел и способен снести боекомплект с одного выстрела. Среди англоговорящих игроков танк именуют «One-shot», «Death Star» из-за высокой пробиваемости орудия. Арабские игроки называют его «الوحش» («Al-Wahsh») — монстр, или «الدمرة» («Al-Mudammira») — разрушитель. Испанцы же используют вариант «El One-shot», что, несмотря на различия в произношении, является калькой с английского.

Другим часто обсуждаемым танком является ИС (и все его модификации -3, -7), который в русской локализации получает прозвище «дед» или просто «ИС» по причине названия танка в честь Иосифа Сталина. Англоговорящие игроки часто называют его «Russian Bias», исходя из стереотипа о том, что русская ветка танков значительно «забаффана» (от англ. buff — «поглощать удары») и имеет неравные преимущества. Некоторые американские игроки, играя на русском сервере, упоминают «Fake T34», путаясь с неподдельным «Т34» по силуэтам. Испанцы предпочитают лаконичное «Soviético», указывая на страну происхождения. В арабском контексте встречается название «سحار» (ḥāris), что переводится как «защитник», отсылая к культурной специфике СССР, где танк использовался для защиты линии фронта.

В дальнейшем представим наиболее распространенные прозвища в таблице 1.

Таблица 1

Обозначение прозвищ танков представителями различных языковых сообществ World of tanks Blitz

Танк	Русское прозвище	Испанское прозвище	Английское прозвище	Арабское прозвище
Немецкая премиум ПТ-САУ «Е 25»	«Блоха» (в силу своего малого размера, короткого орудия, но резкой маневренности и высокой скорости)	«La Rata» (Отсылка на ту же крысу, которая скрытно «грызет» противников из засады).	«The Flying Pancake» (Летающая сковородка) или «The German Roach» (Немецкий Таракан) Для них он прячется, быстро передвигается, и его сложно выбить.	«لصصور» («Al-sūrṣūr») – таракан или «الزاحف» («Az-zāḥif») — «ползучий» или «тот, кто ползет».

Танк	Русское прозвище	Испанское прозвище	Английское прозвище	Арабское прозвище
Американский лёгкий танк «Т71»	«табуретка» такой же быстрый и маневренный, но при этом еще есть и «барабан» (в «WOT» используется для обозначения танков с возможностью нескольких выстрелов за один цикл).	«El de la Ráfaga» (Тот, что с очередью или залпом)	«The Speed Demon» (Демон Скорости)	«المزعج» («Al-muz'ij») — «навязчивый», также «ذات المشط» («Dhāt al-musht») — «тот что с обоймой».
Немецкая ПТ-САУ восьмого уровня «Rhm.- Borsig Waffenträger»	«Борщ» (отдают предпочтение лаконичному названию, используя переводческие трансформации)	«Glass Cannon» (Стеклянная Пушка) «Carro de papel» (Бумажный танк) отражают его картонную специфику, так как у танка достаточно хороший «дамаг», но танк можно пробить практически любым снарядом.		«الدبابة الورقية» («Ad-dabbābah al-waraqīyyah») - «картонный танк».
Американский тяжелый премиум танк «M6A2E1»	«Гусь» (броневые листы при повороте издают звук, похожий на неуклюжий гусиный клекот)	«El Arrollador» — своеобразный «таран» (видят в нем возможность эффективно таранить, т.е. атаковать противника корпусом танка благодаря массе)	«Franken Tank» (присутствует даже аналогичный «скин», т.е. камуфляж танка, напоминающий для них сборку из частей Франкенштейна)	«المتحول 6 إم» («Im sittah al-mutahawwil») — М6 Мутант, исходя из мутации модели М6.

Видно, что каждое языковое сообщество в силу своих социолингвистических и культурных особенностей имеет свои уникальные обозначения игровых понятий и терминов, которые представляют собой определенную языковую и культурную идентичность.

Заключение. Анализ лингвокультурологических особенностей внутриигрового дискурса русско-, англо-, испано- и арабговорящих сообществ World of Tanks Blitz позволил выявить противоречие. Различия в менталитете упомянутых культур демонстрирует исключительное восприятие представителями данной культуры игрового сюжета. Однако стиль игры заставляет игроков мыслить одинаково и находить сходства благодаря игровому процессу. Именно в видеоигровой среде наблюдается интеграция приверженцев различных этносов, создается новый виртуальный тип общения, выступающий универсальным для пользователей, и позволяющий понимать друг друга в условиях резкой культурной гетерогенности.

Список литературы

1. Галичкина Е.Н. *Специфика компьютерного дискурса на английском и русском языках (на материале жанра компьютерных конференций)*. Дис. канд. филол. наук. Астрахань: 2001. 212 с.
2. Кашкин В.Б. *Сопоставительные исследования дискурса. Концептуальное пространство языка*. Тамбов: Тамбовский государственный технический университет; 2005. 95 с.
3. Грушевицкая Т.Г., Попков В.Д., Садохин А.П. (ред.). *Основы межкультурной коммуникации*. Учебник для вузов. Москва: Юнити-Дана; 2002. 352 с.

Об авторах:

Владислав Витальевич Дудка, магистрант кафедры интегративной и цифровой лингвистики Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), dudkav2003@gmail.com

Максим Александрович Кужелев, кандидат социологических наук, доцент кафедры мировых языков и культуры Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), mkujelev@donstu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Vladislav V. Dudka, Master's Degree Student of the Integrative and Digital Linguistics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), dudkav2003@gmail.com

Maxim A. Kuzhelev, Cand.Sci. (Sociology), Associate Professor of the World Languages and Cultures Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), mkujelev@donstu.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 378.4

Social Networks as a Tool for Teaching English in Non-Linguistic Universities

Anastasia A. Slavko, Anna Yu. Shvetsova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The results of a survey on the use of social networks by students aged 17 to 20 have been studied, and the most popular messengers among respondents have been identified. The problem of insufficient interest of students of non-linguistic universities in studying English has been determined. By comparing the survey results with the problem, the possibility of integrating the social networks into the study process has been evaluated, namely, creation of a Telegram channel as an additional educational resource.

Keywords: social media, English, blog, learning, motivation, interactive communication

For Citation. Slavko AA, Shvetsova AYU. Social Networks as a Tool for Teaching English in Non-Linguistic Universities. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):102–104.

Социальные сети как инструмент обучения английскому языку в неязыковых вузах

А.А. Славко, А.Ю. Швецова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрены результаты опроса, проведенного среди обучающихся в возрасте от 17 до 20 лет, касающегося использования социальных сетей. Выявлены наиболее популярные мессенджеры среди респондентов. Также была определена проблема недостаточной заинтересованности студентов неязыкового вуза в изучении английского языка. Сопоставив результаты опроса с данной проблемой, была оценена возможность внедрения социальных сетей в образовательный процесс. В частности, предложено создать Telegram-канал как дополнительный образовательный ресурс для повышения интереса к изучению языка.

Ключевые слова: социальные сети, английский язык, блог, обучение, мотивация, интерактивное взаимодействие

Для цитирования. Славко А.А., Швецова А.Ю. Социальные сети как инструмент обучения английскому языку в неязыковых вузах. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):102–104.

Introduction. Modern people live in a society of high technologies and can no longer imagine their lives without them. With the advent of the Internet, people have gained access to a huge information resource, at any time it is possible to find out the answer to the question, there is no need to memorize information — it's enough to know where to search for it.

Information technology is taking over public space these days. Social networks, applications, and various kinds of programs have become deeply rooted. Integral parts of a person's life are rapidly flowing into the Internet: communication, shopping, education, work and so on. "The information portal about communications in the digital environment Cossa.ru conducted a study of social networks in the Russian Federation. The results revealed the following: 90% of Internet users have at least one social media account" [1].

Digitalization of all public spheres is becoming global. In particular, reforms aimed at the transition to information society are underway in the field of education. Nowadays, the educational process is supported by the use of IT, as they make learning interactive, accessible and flexible. Therefore, the relevance of this topic is evident. In the article, the use of Internet resources, namely social networks, in the field of education will be investigated.

A.V. Khutorskoi writes about the penetration levels of network technologies: “The transfer of the educational process in a foreign language completely into a virtual environment is more appropriate in the conditions of distance learning in universities and advanced training courses, although successful distance learning programs for schoolchildren are also known” [2]. However, nowadays many teachers are already practicing the implementation of social networks and various computer programs in their classes.

Today, a large number of educational platforms has already been created. They are useful for both self-study and teaching. In the field of learning foreign languages, the use of IT significantly increases the efficiency of learning the material, since it allows including visual materials, listening to audio recordings, promoting gamification elements, using electronic textbooks, creating projects, and assessing students’ progress. For file exchange, as well as communication with students, many teachers choose social networks. They create group chats where they can discuss issues that arise during the learning process, as well as provide additional materials. The present research aims to evaluate the efficiency of using the Telegram social network as a tool for teaching English, as well as to assess the motivation and involvement of students and the possibility of creating an educational community.

Results. A survey on the use of social networks was conducted among DSTU students. It was found that 100% of respondents aged 17 to 20 use social media every day. VKontakte and Telegram turned out to be the most popular messengers among young people. In messengers, students exchange information with groupmates and teachers. Thus, it can be concluded that social networks are indirectly related to the educational process.

The study program implies learning general English course for one semester. Due to the fact that a foreign language is not a core subject for most directions of study and majors, there is a lack of interest in learning it among students. Since many teachers choose social media to communicate with students outside the learning process, the idea arises to combine these two factors. “In order for the student to be truly engaged in the work, it is necessary to make the tasks set during the learning activity not only understandable, but also internally accepted by him, i.e. they should acquire significance for the student and, thus, find a response and a reference point in his experience” [3].

Young people spend most of their free time online, therefore, integration of social media into the educational process can increase their motivation to learn English. Motivation simultaneously performs several tasks: it assigns individual significance to student’s activities in learning English, and also encourages him.

How can students’ motivation be improved? Many researchers have asked this question. The following solutions can be distinguished:

1. to involve the emotional sphere of a student in the learning process;
2. to use audio-visual media;
3. to foster individual approach [4].

In combination with traditional methods of teaching a foreign language, the use of Internet resources makes it possible to implement an educational model that enables creation of both educational and information environment for developing and improving students’ creative abilities [5].

It is necessary to understand the main concept of integrating a social network into the English language learning process. A teacher creates a Telegram channel as an additional educational resource, to which he invites his students. Students’ orientation towards blog interaction should begin with the first lesson. While getting to know the audience, the teacher encourages students to find the Telegram channel via a special invitation link. During the semester, the blog will feature educational content with mandatory interaction elements. The blog is updated daily, and new vocabulary is required to memorize. Students also need to listen to audio recordings, read texts, and complete related assignments. During a certain period, the teacher will monitor the activity and after this period will arrange the final assessment of the learned material. Blog posts with assignments are designed for extracurricular work and are a convenient way to gain new information and develop existing skills. The tasks will take no more than 10 minutes per day in total, which is an efficient method of mastering more material.

Before integrating a blog into the study process, it is necessary to find out the degree of using the social network among the students of the group. It is also necessary to make sure that all students have a Telegram account, as well as find out availability of the group shared chat for prompt dissemination of information.

The real situation suggests that 100% of the students surveyed have an account on the Telegram social network, and 25% even have their own blog on this platform. When all students are familiar with the specifics of additional training in the Telegram channel, a teacher sends an invitation. It is also necessary to specify that after a week (or other period) an assessment of the learned material will be carried out in the form of a mini-test or conversation.

The channel operation is based on daily updates. A teacher posts various vocabulary collections, short videos, interesting facts in English, as well as grammar exercises in the form of questionnaires with the opportunity to choose the correct answer. Thus, a teacher can track students’ learning in the channel by viewing the answers in the questionnaires, as well as evaluate the activity by analysing the number of reactions to the posts. A teacher can also create a special

system for a student to follow, which, gradually contributes to student's mastering a certain grammatical topic, while simultaneously replenishing the vocabulary with new words and phrases. Combining traditional methods of teaching English with the use of social networks, can provide the opportunity to create the educational and information environment, where students can develop and improve their skills.

Discussion and Conclusion. It is possible to conclude that social media is a powerful tool in English language teaching, offering a unique opportunity for practice, interaction and immersion in the language environment. Due to integrating the Telegram channel into the study process, students can learn English in an exciting, interactive way.

One of the key advantages of social media is accessibility. Using a smartphone, students can learn the English language program outside the classroom. This method is an excellent addition to traditional ones. In combination with textbooks and practice, it allows students to significantly increase the level of knowledge in the discipline.

Social media helps to open up new horizons for teaching, making the process more flexible, interesting and adapted to the interests of modern youth. The educational potential of media continues to grow, and perhaps in the future media will become a more significant part of language teaching.

References

1. Kireev BN. E-Learning during the Training of Teaching Staff. *Higher Education in Russia*. 2016;(2):148–153. (In Russ.).
2. Khutorskoi AV. *Didactics: A Textbook for Universities. The Third Generation Standard*. Saint- Petersburg: "Piter" Publ.; 2017. 720 p. (In Russ.)
3. Rubinstein SL. *Fundamentals of General Psychology*. Saint-Petersburg: "Piter" Publ. 2018; 714 p. (In Russ.)
4. Fufurina TA. The Ways for Increasing Motivations in Learning English by the Students of Bauman MSTU. *Humanities Bulletin of BMSTU*. 2014;1(15). <https://doi.org/10.18698/2306-8477-2014-1-156> (In Russ.)
5. Kraineva NM, Zolotova MV, Grishakova ES. The Study on the Didactic Possibilities of Social Network Resources (Language Communities) and Other Internet Resources in the Process of Teaching a Foreign Language to Students of Non-Linguistic Universities. *Higher Education Today*. 2016;(4):74–78. (In Russ.)

About the Authors:

Anastasia A. Slavko, Master's Degree Student of the Integrative and Digital Linguistics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), slavko.nastya.24@mail.ru

Anna Yu. Shvetsova, Senior Lecturer of the Foreign Language in the Field of Social Humanitarian Sciences Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), ashvecova@donstu.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Об авторах:

Анастасия Александровна Славко, магистрант кафедры интегративной и цифровой лингвистики Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), slavko.nastya.24@mail.ru

Анна Юрьевна Швецова, старший преподаватель кафедры интегративной и цифровой лингвистики Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ashvecova@donstu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 800.4

The Problem of Selecting the Material for Teaching Foreign Students the Language of the Specialty

Valeriya K. Sedova, Anna Y. Shvetsova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article focuses on the problem of selecting the material for teaching foreign students the language of their specialty, which is a key aspect in their preparation for professional activity. The relevance of this topic is induced by the need to adapt teaching materials to the specific requirements of different professional fields, as well as to the linguistic and cultural characteristics of students. The selection of the necessary material has been analysed with respect to its compliance with educational objectives, level of complexity, authenticity and relevance. The psychological and pedagogical aspects affecting students' motivation and their success in learning the language of their specialty have also been considered. Additionally, the basic requirements and objectives of modern textbooks have been discussed.

Keywords: language of specialty, Russian as a foreign language, selection of material, teaching aid, teaching methodology, communicative method, initial stage of education

For Citation. Sedova VK, Shvetsova AY. The Problem of Selecting the Material for Teaching Foreign Students the Language of the Specialty. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):105–108.

Проблема отбора материала для обучения иностранных студентов языку специальности

В.К. Седова, А.Ю. Швецова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Проблема отбора материала для обучения иностранных студентов языку специальности является ключевым аспектом подготовки этих студентов к их будущей профессиональной деятельности. Актуальность данной темы определяется необходимостью адаптации учебных материалов в соответствии со специфическими требованиями различных профессиональных областей, а также с учётом языковых и культурных особенностей учащихся. В работе проводится анализ процесса отбора материалов, включая их соответствие учебным целям, уровень сложности, аутентичность и актуальность. Также рассматриваются психолого-педагогические аспекты, оказывающие влияние на мотивацию студентов и их успехи в изучении языка специальности. В дополнение к этому обсуждаются основные требования и цели, которые предъявляются к современным учебным пособиям.

Ключевые слова: язык специальности, русский язык как иностранный, отбор материала, учебно-методическое пособие, методика преподавания, коммуникативный метод, начальный этап обучения

Для цитирования. Седова В.К., Швецова А.Ю. Проблема отбора материала для обучения иностранных студентов языку специальности. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):105–108.

Results. Currently, the leading approach in teaching RFL (Russian as a foreign language) is the communicative one. The communicative teaching method of RFL is highly appreciated by both a teacher and those who study. Most students, when studying RFL, literally “follow a teacher”, thereby they are limited by the volume and quality of the material they receive in the classroom. Communicative method implies active position of a student, the principle of 50% to 50% is always important for any communication. [1]

When speaking about the prospects for the development of RFL teaching methodology, two areas for modern scientific and methodological research can be distinguished. The first is related to psycholinguistic studies of the patterns of speech perception and generation, while the second is related to the systematic description of a language as a dynamic phenomenon. The importance of conducting research in these areas is explained by the fact that in the teaching methodology of RFL, the emphasis is traditionally placed on the activities of the first subject of pedagogical communication, i.e. on the activities of a teacher. The activity of the second subject, a student, in assimilating the new material is no less important, but it has not been studied enough yet. The methodology of teaching Russian as a foreign language is a young discipline, therefore it is impossible to analyse its achievements without understanding the historical background that influenced the features of modern teaching methods of the Russian language.

New methodological concepts are being created in the teaching methodology of Russian as a foreign language, new approaches to the perception and understanding speech are being developed, new speech tactics are being identified, the psychological and linguistic specifics of communication in a non-native language are being clarified, the role of nationally determined features in language learning is being determined, cultures of different countries and nationalities and systems of contacting foreign languages are being compared for linguistic and didactic purposes. This allows us to identify new directions for using communication technologies. There are also game-based RFL learning technologies that occupy a special place in the process of learning Russian as a foreign language. For example, a situational game increases motivation for efficient language learning.

Pedagogical factors should also be taken into account in the study process. Among them, there are such phenomena and patterns that are studied by general pedagogics, as, for example, the connection between education and upbringing [2].

Teachers of RFL in technical universities began to create the first manuals on the scientific style of speech, which included mostly authentic reading texts taken from the educational and scientific literature on technical disciplines. In the 1960s, textbooks on specialized disciplines began to use a method of “continuous labelling” of language material in file cabinets, which, after statistical and comparative analysis, became the basis for the programs, general dictionaries and textbooks on the Russian language for foreign students of non-philological majors. At the current stage of development of Russian as a foreign language teaching methodology, due to the self-efforts of Russian scholars, a functional and communicative linguodidactic model of the language is just beginning to form, thereby creating a linguistic foundation for teaching foreign students educational, professional and scientific communication.

When selecting language material for teaching at the initial stage, the principle of conscious learning, the principle of taking into account the native language, the complex-concentric principle and the situational-thematic principle are taken into account. A special feature of the initial stage of learning is that during this period the basics of correct speech are learned, and a solid foundation is created for further language learning. In the theoretical part, it is necessary to provide simple and understandable material for practical application. In practice, at the initial stage, it is necessary to use as many training exercises as possible, present lexical and grammatical material in visual form, and what is the most important, conduct the lesson in Russian, especially in the absence of a natural language environment. Given the principle of approximation, that is, ignoring mistakes, a teacher may well ignore small mistakes of a student, if they do not disrupt communication.

For example, the textbook “Getting to know each other is easy, it's hard to break up” by V.I. Annushkin, A.A. Akishin and T.L. Zharkov [3] is suitable for familiarization with both the Russian language and situations where this language is necessary for students. This manual includes eight sections with relevant topics, it does not contain written exercises, the exercises are designed to involve a student into communication, and getting into communication is the goal that the authors address from the very beginning. Texts, dialogues, and poems are written in such a way that students can both memorize them and recall them when performing exercises. Thanks to such texts, students develop both speech and memory. In addition, the manual contains recommendations for a novice RCT teacher in the form of comments and games that help to make classes interesting and efficient.

A modern textbook for international students should meet the following objectives:

- to ensure the interactivity of the information and educational environment;
- to create conditions for students to develop their own competence in a convenient mode through pedagogical, information and organizational technologies;
- to design and create an information and educational environment for the possibility of distance learning;
- to sensitize the learning process and cognitive activity of students when learning online and offline;
- to support the process of using the acquired theoretical knowledge in practice

The main requirements for textbooks on RFL were identified as follows: scientific nature, systematic approach, accessibility, using modern techniques, including the principle of one difficulty, as well as continuity – each subsequent step of a student depends on the quality of assimilation of the previous material. In addition, a textbook should provide the possibility of combining control and self-control. It should contain a large number of illustrative material that contributes to better understanding of tasks and exercises.

The analysis of modern teaching tutorials has shown that currently there is no such a textbook that would include the necessary language information. It can be assumed that one of the main problems in teaching Russian as a foreign language is the selection of language material. Because currently it is difficult to find a Russian as a foreign language textbook for the certain area of professional activity, such as civil engineering area. Moreover, it is not easy to find a manual that would fully meet modern requirements. To avoid such difficulties, it is recommended to use self-developed teaching material for Russian as a foreign language classes. The course curriculum should be used as a basis, and include the topics relevant for a particular specialty (in our case — topics, studied by students of the civil engineering majors). The material should fully correspond to the degree of competence of the students, their level of knowledge should be slightly ahead of the content of the teaching material. An important role is also assigned to the selection of language material. Here, on the contrary, the level of material should outpace the knowledge of students, since the texts are educational in nature and they should expand students' knowledge on a particular topic. Based on this language material, the students can be taught various types of reading.

The approximate list of topics studied within the discipline “Foreign language in professional area” includes: construction, problems of modern construction, Russian for business communication, rules of building construction, the current state of building construction, construction economics.

The topics are relevant, and by the third year of study, students learn these topics as the main ones. To fully master communication competence, students should be able to communicate on construction-related topics in Russian, be able to write business letters and arrange them in the correct order. Working with the texts on civil engineering topics is a priority, on the basis of these texts, students develop a linguistic picture of the world, therefore, working with the texts is primarily determined by formation of reading competence.

After the problem with the selection of language material is solved, it is necessary to select certain technologies and methods for the implementation of the material in the study process. The following principles can be taken into account:

- introduction to the specialty as one of the most important principles, it is impossible to teach a professional language without mastering the specialty. It is important to note that the introduction to the specialty should be gradual;
- introduction of study material should go from simple to complex;
- practical skills and abilities should be mastered;
- motivational support of the educational process should be provided;
- various forms of learning should be used: collective, individual;
- joint work of a teacher and a student should be foreseen [4].

Conclusion. The problem of selecting the material for teaching foreign students the language of their specialty is multifaceted and requires a careful approach from both teachers and methodologists. In the context of globalization and integration of educational processes, it is important to take into account not only the linguistic, but also the cultural characteristics of students, as well as the specifics of their future professional activities. Efficient selection of study materials that meet modern requirements contributes to the formation of the necessary competencies and skills, which, in turn, increases the level of success of students in learning the language of their specialty. Thus, to achieve high results in teaching foreign languages in the context of professional training, it is necessary to update constantly and adapt study materials, taking into account changes in the professional field and, accordingly, the needs of students. This will not only improve the quality of education, but also prepare students for successful professional activity in an international environment.

References

1. Passov EI. *A Communicative Method of Teaching Foreign Language Speaking*. Moscow: Prosveschenie Publ.; 1991. 223 p. (In Russ.).
2. Smirnova VL. *Methodological Foundations of the RCT Textbook in Terms of the Organization of Text Material. Formation of the Communicative Competence of Foreign Students at Different Levels of Education*. Kazan; 2000. P. 23–24. (In Russ.).
3. Annushkin VI, Akishin AA, Zharkov TL. *Getting to Know Each Other is Easy, It's Hard to Break Up: A Textbook. Intensive Course in Russian Speech Communication*. Moscow: Flinta Publ., 2004. 224 p.
4. Lozitskaya AI. Formation and Development of Semantic Reading Strategies in Screen Reading. In: *Proceedings of the VII International Scientific Conference “Actual Tasks of Pedagogics”*. Chita, April 2016. Chita; 2016. P. 86–88. (In Russ.).

About the Authors:

Anna Yu. Shvetsova, Senior Lecturer of the Foreign Language in the Field of Social Humanitarian Sciences Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), ashvecova@donstu.ru

Valeriya K. Sedova, Assistant of the Foreign Language in the Field of Social Humanitarian Sciences Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), lera20001012@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Об авторах:

Анна Юрьевна Швецова, старший преподаватель кафедры иностранных языков в сфере социогуманитарных наук Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ashvecova@donstu.ru

Валерия Константиновна Седова, преподаватель кафедры иностранных языков в сфере социогуманитарных наук Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), lera20001012@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 81.373

Библеизмы в образовательном процессе. Роль педагога в их интерпретации

М.В. Павлова, Л.В. Чунахова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Изучены особенности применения библеизмов в образовательном процессе. Основное внимание уделяется оценке роли педагога: рассматривается, насколько успешна его деятельность и в какой степени она способствует развитию критического мышления и формированию моральных ценностей у учащихся. Выявлены эффективные подходы к грамотной интерпретации библеизмов, которые могут значительно улучшить качество образования и содействовать формированию культурной идентичности обучающихся. Систематизированы методы, направленные на эффективное использование библеизмов, которые представляют собой особую педагогическую ценность и могут быть успешно интегрированы в учебный процесс.

Ключевые слова: библеизмы, образование, педагог, интерпретация, культура

Для цитирования. Павлова М.В., Чунахова Л.В. Библеизмы в образовательном процессе. Роль педагога в их интерпретации. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):109–111.

Biblical Expressions in the Educational Process. The Role of the Educator in Interpretation Thereof

Maria V Pavlova, Lidianna V Chunakhova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The paper studies the features of using biblical expressions in the educational process. The focus of main attention is assessment of the educator's role. Success of educator's activity and contribution it has to the development of critical thinking and formation of moral values in students have been investigated. Efficient approaches to the competent interpretation of biblical expressions that can significantly enhance the quality of education and foster formation of the cultural identity of students have been identified. The methods of efficient use of biblical expressions have been systematized to emphasise their special pedagogical value and capacity of successful integration into the educational process.

Keywords: biblical expressions, education, educator, interpretation, culture

For Citation. Pavlova MV, Chunakhova LV. Biblical Expressions in the Educational Process. The Role of the Educator in Interpretation Thereof. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):109–111.

Введение. Изучение библеизмов становится все более актуальным в различных областях, таких как лингвистика, культурология и педагогика. Исследования показывают, что библеизмы не только обогащают язык, но и представляют собой важную культурную составляющую фоновых знаний, которые могут быть эффективно использованы в образовательном процессе. Современные исследования роли библеизмов в учебном процессе подчеркивают их значимость как инструмента формирования культурной и моральной основы сознания учащихся [1–4]. В работах таких авторов, как Е.В. Суровцева, С.В. Бредихина и Т.Н. Федуленкова, акцентируется внимание на роли библеизмов в развитии критического мышления и ценностных ориентиров. Тем не менее, недостаток системного подхода к интерпретации библеизмов в учебном процессе серьезно препятствует воспитанию духовно богатой личности [5]. Критический обзор существующих публикаций выявил, что многие исследования ограничиваются описанием библеизмов без глубокого анализа их педагогической ценности.

Цель данного исследования заключается в изучении роли педагога в интерпретации библейзмов в образовательном процессе. Задачи исследования включают анализ современных подходов к использованию библейзмов в образовательной практике, выявление методов, применяемых педагогами для интерпретации библейских текстов, а также оценку влияния такой интерпретации на восприятие библейзмов учащимися. В данной статье термины «библейзмы» и «интерпретация» трактуются следующим образом: библейзмы представляют собой выражения и фразы, взятые из Библии, которые используются в языке и культуре; интерпретация же — это процесс объяснения и осмысления содержания библейских текстов с целью их применения в образовательном контексте [1].

Основная часть. Исследование проводилось в формате онлайн-опроса среди преподавателей русского языка, литературы и английского языка, работающих в различных образовательных учреждениях Российской Федерации. Опрос был организован через специализированные платформы для анкетирования, что позволило значительно расширить географию исследования и собрать мнения и практики использования библейзмов в образовательном процессе от педагогов, работающих в различных предметных областях.

В качестве материалов исследования были использованы библейские тексты — отрывки из Ветхого и Нового Заветов, содержащие библейзмы. Выбор текстов основывался на их популярности и распространенности в образовательной практике. Также анализировались учебные программы и методические материалы, включая учебники и пособия, в которых библейзмы применяются в контексте преподавания литературы, истории и этики, а также анкеты и опросники, разработанные для сбора данных о восприятии библейзмов как учащимися, так и педагогами, включая вопросы о методах интерпретации и их влиянии на моральные нормы.

Для обработки полученных данных применялись следующие методы: описательная статистика для анализа демографических данных респондентов (возраст, пол, уровень образования), кросс-табуляция для выявления взаимосвязей между восприятием библейзмов и методами их интерпретации, а также корреляционный анализ для оценки связи между использованием библейзмов и развитием моральных и этических норм у учащихся.

Описание проблемы. В ходе исследования были получены данные, позволяющие оценить роль библейзмов в образовательном процессе и методы их интерпретации педагогами. В результате анализа анкетирования и интервью с педагогами, а также контент-анализа учебных материалов, были выявлены следующие ключевые результаты. Около 78 % опрошенных педагогов заявили, что используют библейзмы на своих уроках. Например, использование выражения «бросить камень» помогает объяснить учащимся концепцию осуждения или предательства. Наиболее распространенные методы интерпретации библейзмов включают обсуждение в классе — 42 % педагогов, сравнительный анализ текстов — 35 %, и проектные методы — 23 %. Эти методы способствуют более глубокому пониманию библейзмов и их значения в контексте культуры и морали.

Согласно данным опроса, 65 % опрошенных педагогов считают, что использование библейзмов положительно влияет на формирование моральных и этических норм у учащихся. Примеры таких библейзмов, как «не судите, да не судимы будете», «зарыть талант в землю», «умываю руки», «внести лепту», помогают учащимся развивать толерантность, понимание и чувство собственного достоинства. Однако 32 % педагогов выразили озабоченность тем, что не все учащиеся понимают значение библейзмов, что затрудняет процесс их интерпретации. Этот факт подчеркивает необходимость дополнительного обучения как педагогов, так и учащихся по вопросам культурного контекста библейзмов. На рис. 1 представлена диаграмма, иллюстрирующая процент использования методов интерпретации библейзмов педагогами.

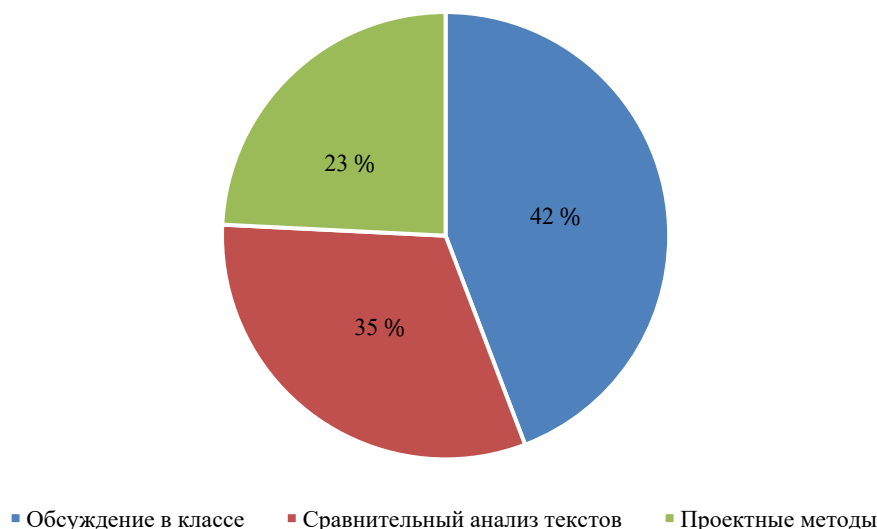


Рис. 1. Методы интерпретации библейзмов

Как видно на диаграмме, обсуждение в классе является наиболее популярным методом, что может свидетельствовать о стремлении педагогов вовлекать учащихся в процесс обучения и активного обсуждения культурных и моральных аспектов библеизмов. Второе место занимает сравнительный анализ текстов, предоставляющий возможность глубокого анализа и понимания контекста библейских выражений с целью выявления их сходства и различия в разных языках и культурах.

Методы интерпретации, используемые педагогами, варьируются от обсуждений в классе до сравнительного анализа текстов, что способствует развитию критического мышления у учащихся и углублению их понимания культурных ценностей. Однако около 32 % учителей отметили, что не все ученики понимают значение библеизмов, что может затруднять их интерпретацию. Это открывает новые возможности для разработки методических материалов, помогающих педагогам более эффективно объяснять контекст и значение библеизмов.

В целом, результаты подчеркивают значимость библеизмов как инструмента для формирования моральных ориентиров у учащихся и указывают на необходимость дальнейших исследований в этой области. Авторы статьи надеются, что представленное исследование вдохновит ученых и педагогов на разработку новых подходов к обучению, которые помогут развивать нравственные и этические нормы у молодежи.

Заключение. Результаты нашего исследования подтвердили важность библеизмов как инструмента формирования моральных и этических норм у учащихся. Активное использование библеизмов в учебном процессе способствует развитию критического мышления и углублению понимания культурных контекстов. Педагоги, применяющие разнообразные методы интерпретации, могут значительно повысить интерес учащихся к учебному материалу.

Эти выводы могут стать основой для разработки методических рекомендаций для учителей, которые помогут интегрировать библеизмы в учебный процесс более эффективно. Например, создание учебных материалов и словарей с иллюстрациями, подготовка викторин, направленных на расширение представлений учащихся о Библии и истории возникновения многих библеизмов.

В будущем стоит исследовать влияние библеизмов на формирование ценностей у различных возрастных групп и изучить, как современные технологии могут помочь в их интерпретации. Таким образом, проведенное исследование подчеркивает значимость библеизмов в образовании и открывает новые направления для дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Бредихина С.В. Использование библейских фразеологизмов в духовно-нравственном воспитании младших школьников. *Наука и Школа*. 2021;(6):263–271. <https://doi.org/10.31862/1819-463X-2021-6-263-271>
2. Дахунова Ф.М. *Изучение фразеологических единиц в современной лингвистике латинского, английского и русского языков*. Проблемы современного педагогического образования. Черкесск; 2019. С. 107–110.
3. Бакина А.Д. Библеизмы vs библейские фразеологизмы: уточнение понятий (на примере английских и немецких текстов). *Вестник Северного (Арктического) Федерального Университета имени М.В. Ломоносова. Серия «Гуманитарные и социальные науки»*. 2021;21(6):35–43. <https://doi.org/10.37482/2687-1505-V140>
4. Суровцева Е.В. Преподавание библеизмов в курсе «Введение в литературоведение»: Постановка проблемы. *Образование и воспитание*. 2015;(4(4)):21–23.
5. Федуленикова Т.Н., Койнова А.С., Любимова О.В. Библейская фразеология в проектировании индивидуального образовательного маршрута религиоведа. *Современные проблемы науки и образования*. 2017;(4):162.

Об авторах:

Мария Павлова Васильевна, студент кафедры мировых языков и культуры Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), Pilxar2015@gmail.com

Лидианна Владимировна Чунахова, кандидат филологических наук, доцент кафедры мировых языков и культуры Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), lichunahova@donstu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Maria V. Pavlova, Student of the World Languages and Cultures Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), Pilxar2015@gmail.com

Lidianna V. Chunakhova, Associate Professor of the World Languages and Cultures Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), lichunahova@donstu.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 81.38

Прием игры слов в англоязычных произведениях детективного жанра

С.А. Фролова, Л.В. Чунахова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрены различные виды игры слов и проанализирована их значимость как стилистического приема в контексте англоязычных произведений детективного жанра. Подробно продемонстрированы примеры использования различных форм игры слов, таких как каламбуры и ироничные выражения, которые служат для создания комического эффекта, акцентирования внимания читателя на ключевых деталях и более глубокого раскрытия образов персонажей.

Ключевые слова: игра слов, каламбур, детективный жанр

Для цитирования. Фролова С.А., Чунахова Л.В. Прием игры слов в англоязычных произведениях детективного жанра. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):112–114.

Word Play Technique in English-Language Fiction of Detective Genre

Sofya A. Frolova, Lidianna V. Chunakhova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

Different types of word play have been studied and their significance as a stylistic technique in English-language detective fiction has been analysed. Examples of using different forms of word play, such as pun and ironic expressions, which serve to create a comic effect, to focus reader's attention on important details, and more fully disclose the characters, have been presented in detail.

Keywords: word play, pun, detective genre

For Citation. Frolova SA, Chunakhova LV. Word Play Technique in English-Language Fiction of Detective Genre. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):112–114.

Введение. Игра слов как стилистический прием является одним из самых излюбленных инструментов литературных авторов и сценаристов. Это средство художественной выразительности служит не только инструментом для раскрытия образа и характера персонажей, но также придает глубину сюжету. В контексте детективного жанра игра слов становится незаменимым приемом для создания интриги, таинственности и загадочности, а также способом вовлечения зрителя в ход расследования дела. Использование персонажами двусмысленных фраз и каламбуров делает их более остроумными и харизматичными в глазах читателя или зрителя. Ситуативная игра слов может запутать сюжет, скрыть от зрителя истину, которая чаще всего находится на поверхности, и держать в напряжении до самой развязки.

Цель данного исследования заключается в том, чтобы рассмотреть, каким образом приемы игры слов влияют на формирование сюжета, создание характеров и привлечение читателя, а также проанализировать примеры их использования в лучших образцах англоязычной детективной литературы и современных произведениях кинематографа.

Основная часть. Прежде всего, следует рассмотреть определение игры слов. Игра слов, или языковая игра, представляет собой стилистический прием, основывающийся на многозначности слов, а также на лексических и фонетических особенностях языка для создания комических, иронических или многозначных эффектов. В детективной литературе данный прием может принимать различные формы, включая каламбуры, метафоры, символика и двусмысленность. Эти элементы не только развлекают и познают, но и выполняют важную функцию развития сюжета и раскрытия особенностей персонажей.

Также необходимо определить роль игры слов в детективном жанре. Тексты в этом жанре, в основном, относятся к массовой литературе. Ориентация на широкую аудиторию способствует выработке устойчивого набора внутрижанровых лингвистических и экстралингвистических средств, позволяющих возбуждать интерес потенциального читателя [1]. Тексты детективного жанра, будучи личностно-ориентированными, обладают эмоциональным содержанием, характеризующимся высокой степенью напряженности и неопределенности. Лингвистические средства и все структурные компоненты текста направлены на достижение главной цели – удержание внимания читателя на протяжении всего повествования. Прием языковой игры в рассматриваемом жанре становится незаменимым помощником в достижении этой цели. Создавая языковые пазлы и используя двусмысленные и ироничные высказывания, автор завладевает вниманием читателей и заставляет их полностью включиться в разгадку речевых головоломок. Остроумные диалоги между детективами и подозреваемыми часто содержат слова с двойным смыслом, что делает чтение не только более занимательным, но и помогает читателям лучше запоминать персонажей и их черты [2].

Агата Кристи, один из самых известных авторов детективов, мастерски использует игру слов в своих произведениях. Умные шутки и остроумные комментарии персонажей добавляют тексту живости и динамичности. Например, в некоторых ее романах, когда детектив говорит: «Давайте не будем рубить с плеча» (“Let's not be too harsh”), это может означать как необходимость обдуманного подхода, так и намек на физическое насилие.

Описание проблемы. Язык часто становится центром творчества Эдгара А. По. Иногда он вставлял в свои стихи акrostихи (наборы букв, например, первая буква в каждой строке, которые вместе составляют слово или фразу). Он также придумал своего рода секретную карту сокровищ в произведении «Золотой жук», которая стала предшественницей и вдохновителем «Острова сокровищ». Самое интересное, что эта карта была зашифрована. Читателям придется переводить слова и разгадывать их. В «Похищенном письме» содержится скрытое письмо, которое, если оно всплывет, может угрожать французскому правительству. В «Убийствах на улице Морг», первом детективном рассказе – жанре, изобретенном Эдгаром По, Дюпен, мастер детективного дела, раскрывает убийство, понимая, что не существует человеческого языка, который мог бы соответствовать языку, который, по сообщениям, слышали свидетели, и приходит к выводу, что в деле была замешана обезьяна.

Важным аспектом игры слов в детективном жанре является каламбур. Каламбур, как вид игры слов, основан на использовании схожести в звучании различных слов и фраз и позволяет создавать неожиданные и зачастую остроумные ассоциации. Этот прием позволяет авторам создавать легкую атмосферу даже в самых серьезных сценах. Например, в произведениях Агаты Кристи Эркюль Пуаро часто использует каламбур, чтобы разрядить напряжение в сложных ситуациях и навести порядок в своих мыслях. Его диалоги становятся не только интеллектуальной игрой, но и демонстрацией его проницательности и острого ума. Примером может служить диалог из романа «Убийство в восточном экспрессе», где Пуаро остроумно и неожиданно отвечает на реплику, используя каламбур: “Women are incapable of being kind,” observed Hercule, “though they sometimes show us their tenderness of some kind” («Женщины не в состоянии быть добрыми, — заметил Эркюль, — хотя иногда они демонстрируют нам свою «нежность»»). Этот прием делает его персонажа интересным и запоминающимся, позволяя читателю глубже проникнуть в его характер.

Двусмысленность играет ключевую роль в детективной литературе, создавая атмосферу интриги. Автор оставляет намеки, которые могут быть истолкованы несколькими способами, что способствует не только вовлечению читателя, но и поддержанию напряженной атмосферы. В произведении Артура Конана Дойля «Собака Баскервиль» фразы и реплики персонажей полны скрытых значений, которые можно трактовать по-разному. Это создает сложный узор загадок, который читателю предстоит раскрыть. Обращаясь к двусмысленности, авторы не только делают своих героев более яркими, но и заставляют читателя критически осмысливать каждую деталь, подводя их к разгадке преступления.

Кроме того, важность приема игры слов заключается в способности формировать индивидуальность персонажей. Остроумные реплики, построенные на игре слов или иронии, могут вызывать смех, но одновременно показывают внутренние конфликты и характерные черты. Персонажи, использующие игру слов, становятся более привлекательными и запоминающимися. Например, Шерлок Холмс проявляет свои аналитические способности через иронические замечания, что позволяет читателю увидеть его поразительный интеллект и креативный подход к решению головоломок. В «Знак четырех» Холмс оценивает способности Ватсона, сравнивая их с «искусством раскладывания пряников» (“gingerbread art”). Это сравнение не только демонстрирует его умение подмечать детали, но и формирует глубокую эмоциональную связь с читателем.

Каламбуры и остроты не только создают глубину образов, но и служат для раскрытия эмоциональной составляющей персонажей. Например, в произведениях современного автора Ричарда Османа, который часто исполь-

зует прием игры слов, можно заметить, как остроумные реплики персонажей служат механизмами защиты. Грязные шутки и словесные колкости становятся способом взаимодействия с окружающими, что может указывать на их внутренние переживания и эмоциональные травмы.

Игра слов в детективных произведениях выполняет не только эстетическую функцию, но и имеет значение для сюжета. Она может стать важным элементом, который в конечном итоге приводит к раскрытию главной тайны. Некоторые каламбуры и двусмысленности могут представлять собой подсказки, которые читатели должны разгадать, чтобы прийти к правильному выводу о преступлении. Это превращает процесс чтения или просмотра детективного фильма в активное участие, в котором читатель или зритель становится соучастником расследования.

В качестве примера можно привести кинокартину «Достать ножи». В кульминации фильма главная героиня получает письмо с угрозами от анонимного автора, позже выясняя, что оно написано горничной, которая знает правду об убийстве. Когда она находит горничную и спрашивает, кто же убил, та, умирая, произносит фразу “You” (Вы). Марта осознает, что горничная знает, о том, что она случайно вколола ему неправильное лекарство. Однако на самом деле горничная произнесла имя внука жертвы “Hugh”, что созвучно с английским словом «ты». Так авторы запутывают зрителя, одновременно предоставляя ему подсказки для разгадки дела.

Прием каламбура зачастую отражает главные темы произведений. Например, в романах о Шерлоке Холмсе можно заметить, что остроты и словесные игры часто касаются вопросов морали и справедливости. Персонажи используют игру слов, чтобы обсудить серьезные вопросы с намерением разрядить напряжение и вовлечь дополнительных когнитивных связи [3].

Заключение. Прием игры слов в англоязычных произведениях детективного жанра является важным инструментом для создания и раскрытия персонажей, формирования сюжета и поддержания интереса читателей. Каламбур, двусмысленность и остроты не только развлекают, но и обогащают текст, повышая его глубину и многогранность. В результате игра слов становится одним из решающих факторов успеха детективного жанра, позволяющим ему оставаться актуальным и увлекательным на протяжении многих лет.

Список литературы

1. Шмелева Е.С. О понятии каламбура. *Вестник МГЛУ*. 2016;19(758);110–120.
2. Кунин А.В. *Курс фразеологии современного английского языка*. Москва: Высшая школа; 1996. 381 с.
3. Уварова Н.Л. *О соотношении понятий «языковая игра», «игра слов» и «каламбур»*. Автореф. дис. ... канд. филол. наук. Горький: 1986. 29 с.

Об авторах:

Софья Анатольевна Фролова, студент кафедры мировых языков и культуры Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), sonya.frolova2003@yandex.ru

Лидианна Владимировна Чунахова, кандидат филологических наук, доцент кафедры мировых языков и культуры Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), lichunahova@donstu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Sofya A. Frolova, Student of the World Languages and Cultures Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), sonya.frolova2003@yandex.ru

Lidianna V. Chunakhova, Associate Professor of the World Languages and Cultures Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), lichunahova@donstu.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 330.101.54

Основные подходы к оценке эффективности деятельности современной организации

Е.А. Заиченко, Т.Н. Тухканен

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассматриваются основные подходы к оценке эффективности деятельности современной организации. Анализируются традиционные и современные подходы, включая затратный подход, ресурсный подход, многокритериальные методы, а также подходы, ориентированные на оценку нематериальных активов и интеллектуального капитала. Обосновывается необходимость комплексного подхода к оценке эффективности, учитывающего как количественные, так и качественные показатели, а также стратегические цели и особенности внешней среды. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования систем управления и повышения конкурентоспособности организаций.

Ключевые слова: оценка эффективности, ресурсный подход, затратный подход, многокритериальный подход, управление организацией

Для цитирования. Заиченко Е.А., Тухканен Т.Н. Прием игры слов в англоязычных произведениях детективного жанра. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):115–119.

Main Approaches to Assessing the Effectiveness of a Modern Organization

Elena A. Zaichenko, Tatyana N. Tukhkanen

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article discusses the main approaches to assessing the effectiveness of modern organizations. It analyzes traditional and innovative methods, including the cost-based approach, resource-based approach, multi-criteria methods, and approaches focused on intangible assets and intellectual capital. It also emphasizes the importance of an integrated approach that considers both quantitative and qualitative indicators as well as strategic goals and environmental factors. The research results can be used to improve management systems and increase the competitiveness of organizations.

Keywords: effectiveness assessment, resource approach, cost approach, multi-criteria approach, organization management

For Citation. Zaichenko EA, Tukhkanen TN. Main Approaches to Assessing the Effectiveness of a Modern Organization. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):115–119.

Введение. В условиях современной экономической парадигмы функционирование значительного числа организаций оказывает существенное влияние на экономическое благосостояние государства. Позитивное экономическое состояние страны является индикатором её способности к устойчивому развитию и стабильному функционированию. Для обеспечения устойчивого функционирования организаций необходимо осуществление систематического контроля их деятельности, представляющего собой комплекс мероприятий, включающий в себя оценку эффективности работы за определенный период. Проблема оценки эффективности деятельности организации остается предметом постоянного изучения и анализа со стороны научного сообщества.

Однако, несмотря на обилие исследований, посвященных повышению эффективности деятельности хозяйствующих субъектов, в научном сообществе до настоящего времени не формировался единый общепринятый подход к оценке их эффективности. Многие исследователи придерживаются точки зрения, согласно которой оценка эффективности деятельности организации должна основываться на анализе экономических аспектов. В зарубежной и отечественной экономической литературе особое внимание привлекают модели оценки эффективности инновационной деятельности, которые основываются на модификации системы ключевых показателей эффективности (KPI) в контексте стратегического управления предприятием.

В понятии экономической эффективности деятельности организации отражается соотношение между ресурсами, инвестированными в её экономическую активность, и результатами, полученными впоследствии, которые чаще всего выражаются в величине полученной прибыли или убытка. Анализ экономической эффективности считается ключевым методом оценки состояния организации. Не следует считать, что организация сможет эффективно функционировать, находясь в изоляции от других компаний; это невозможно в современных экономических условиях. Таким образом, можно утверждать, что экономика не может существовать без внешних отношений между компаниями [1].

На сегодняшний день руководителям организаций необходимо решать новые и более глобальные задачи. Для успешного их решения требуется поиск новых методов анализа и оценки деятельности организаций. Решение этой проблемы стало особенно актуальным, поскольку от умения самостоятельно оценивать, анализировать и прогнозировать перспективы своей организации, а также учитывать все воздействующие факторы зависит ее жизнеспособность.

Теория эффективности как наука представляет собой объемное направление, которое включает в себя анализ и оценку качества работы организации и целесообразности затраченных усилий для достижения намеченных целей. Понятие эффективности, как многоаспектной экономической категории, формируется под влиянием множества факторов, таким образом, для организаций с различной направленностью требуются разные подходы к оценке их деятельности [22].

Авторы [3] в своем учебном пособии выделяют несколько трактовок понятия «эффективность»: результат; соответствие между полученными и плановыми результатами; разнообразие систем по функционалу; показатель удовлетворенности работой; вероятность достижения целевых показателей; соотношение реального и нормативного эффектов.

Среди концепций выделяют четыре вида экономической эффективности (рис. 1) [4].

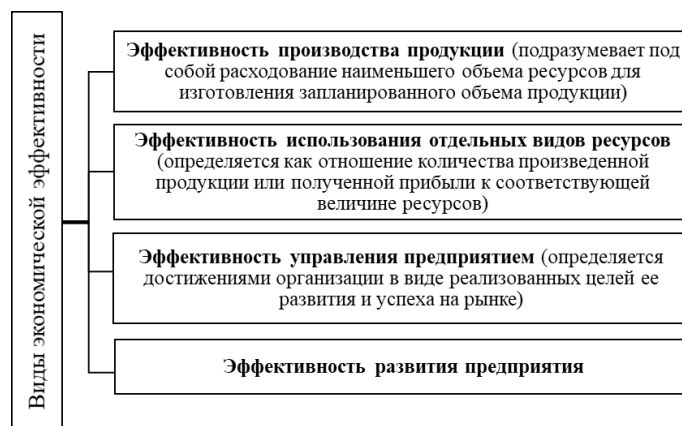


Рис. 1. Виды экономической эффективности

Эти виды экономической эффективности позволяют комплексно оценивать работу организации, принимая во внимание как текущие производственные процессы, так и долгосрочные стратегические цели.

Рассмотрение эффективности как сложной, многоаспектной категории способствовало появлению новых подходов к её оценке. Среди них можно выделить систему ключевых показателей эффективности, а также стоимостной подход. На сегодняшний день отсутствует единственная классификация подходов к оценке эффективности деятельности современного предприятия. Тем не менее, интерес представляет классификация, предложенная Е.В. Коробейниковой, которая делит подходы на традиционные и современные (рис. 2) [5].

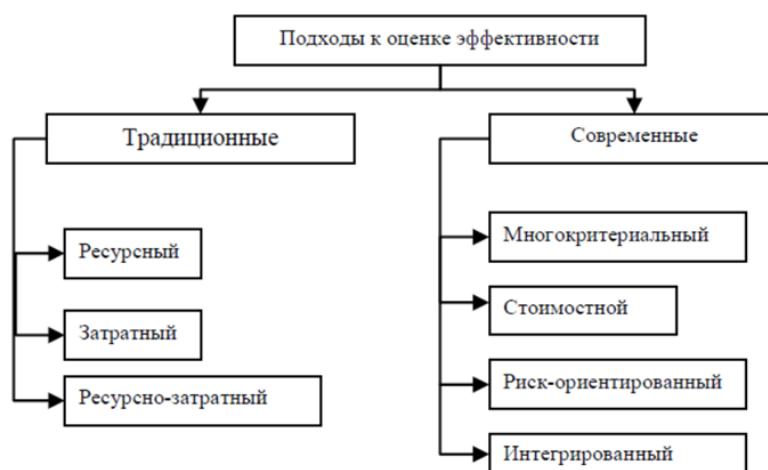


Рис. 2. Подходы к оценке эффективности

В представленной классификации автор делит способы оценки работы предприятия на традиционные и современные подходы. Традиционные подходы, такие как ресурсный, затратный и ресурсно-затратный, хорошо известны специалистам в области экономики и управления организациями и их применение остается распространенным в практике анализа деятельности предприятий и оценки их эффективности.

Ресурсный подход. Этот метод оценки, базирующийся на ресурсах организации, рассматривает экономическую эффективность как комплексную оценку итоговых результатов деятельности, достигнутых благодаря использованию ресурсов, привлеченных в течение определенного периода для осуществления данной деятельности. Он позволяет оценить, насколько эффективно компания находит применение своим ресурсам для достижения поставленных целей. Метод помогает выявить, какие ресурсы требуют оптимизации, чтобы повысить общую производительность и результативность. Таким образом, недостатком данного подхода является отсутствие учета расходов текущего периода, что создает сложности с определением и измерением необходимых ресурсов.

Затратный подход к оценке эффективности организации представляет собой методологию, основанную на всестороннем анализе совокупности затрат, связанных с реализацией операционной деятельности. Он акцентирует внимание на квантификации финансовых ресурсов, направленных на производственный цикл (производство товаров или оказание услуг), а также на поддержание функциональности инфраструктуры и обеспечение непрерывности операционных процессов.

Для проведения оценки эффективности деятельности организаций традиционными подходами используются абсолютные показатели работы предприятия, такие как активы, прибыль, выручка, себестоимость, а также вычисляются относительные показатели, включая рентабельность собственного капитала, рентабельность активов, производительность труда, среднегодовую заработную плату и другие. В результате всех вычислений формируются выводы об эффективности использования ресурсов и затрат, а также о необходимости их оптимизации. Ключевая цель данной методологии заключается в идентификации зон неэффективного расходования ресурсов и разработке стратегий по оптимизации затрат при сохранении заданных параметров качества продукции или предоставляемых услуг.

Каждый из подходов имеет свои достоинства и недостатки. Так, затратный подход представляет собой ценный инструмент для оптимизации бизнес-процессов, что, в свою очередь, может привести к повышению рентабельности хозяйствующего субъекта. Простота расчета и ясность делают его привлекательным, однако он игнорирует создание ценности для потребителя, что иногда приводит к ухудшению качества.

Ресурсно-затратный подход представляет собой более комплексное исследование, которое объединяет в себе анализ использования ресурсов с оценкой понесенных затрат. Такой подход позволяет выявить, насколько эффективно используются имеющиеся у компании ресурсы, и какие затраты связаны с этими процессами. Это дает возможность более точно оценивать экономическую эффективность, находить баланс между расходами и результатами, а также разрабатывать стратегии по улучшению показателей производительности и снижению издержек.

Таким образом, традиционные подходы к оценке эффективности деятельности организаций основываются на сравнении с измерениями, связанными с деятельностью в прошлом и современном состоянии, либо посредством сравнения со стандартными показателями. Проблема этих подходов заключается в недостаточности анализа внешнего воздействия, построения конкурентной среды и прогноза, что затрудняет принятие обоснованных управленческих решений по повышению эффективности деятельности, что в свою очередь влияет на существование организаций в своей нише и в экономической среде страны в целом. Чтобы не отставать от конкурентов и соответствовать стремительно развивающейся экономике, целесообразно использовать современные подходы к

оценке эффективности деятельности организаций, такие как многокритериальный, стоимостной, риск-ориентированный и интегрированный подходы.

Многокритериальный подход к оценке эффективности деятельности организаций основывается на комплексном анализе, который включает выделение и классификацию разнообразных критериев. Этот метод призван учитывать широкий спектр факторов, оказывающих влияние на эффективность функционирования современного предприятия, что обеспечивает всестороннюю оценку его работы и позволяет учитывать как количественные, так и качественные показатели.

Для разработки системы оценки эффективности организации на основе многокритериального подхода необходимо: проанализировать ключевые аспекты развития организации; понять специфику деятельности компании; разработать индивидуальную систему показателей и критериев, руководствуясь принципом разумной достаточности; регулярно актуализировать разработанную систему с учетом изменений как внутренних, так и внешних факторов. Однако недостатком многокритериального подхода являются необходимость разработки сбалансированных систем показателей и сложность в агрегировании разнородных данных.

Стоимостной подход заключается в оценивании стоимости организаций. Этот показатель быстро реагирует на неблагоприятные воздействия различных факторов и отражает качество управления, финансовое состояние и будущие прогнозы компании. При этом нематериальные активы, такие как бренд, репутация и интеллектуальная собственность, сложно оценить в денежном выражении, поэтому использовать только стоимостной подход не вполне целесообразно. Кроме того, данный подход сосредотачивается исключительно на финансовых аспектах, игнорируя социальные и экологические последствия деятельности организации.

Риск-ориентированный подход. Определение рентабельности с учётом риск-менеджмента становится ключевым элементом управления современной организацией. Риск-менеджмент играет значительную роль в создании и максимизации ценности бизнеса, так как он позволяет минимизировать возможные убытки и обеспечить устойчивость организации в условиях неопределенности. Эффективное управление рисками включает в себя идентификацию потенциальных угроз, оценку их влияния на деятельность компании, а также разработку стратегий по минимизации негативных последствий и мониторинг реализации этих мер. Эти факторы делают подход трудоемким и энергозатратным, но выводимая на их основе информация ведет к важным результатам. Интеграция риск-менеджмента в процессы оценки рентабельности повысит точность прогнозирования финансовых результатов и конкурентоспособность организации на рынке.

В исследовании процессов повышения эффективности деятельности организаций отчетливо просматриваются три основных направления интеграции. К ним относятся: объединение различных методологических подходов к оценке; интеграция моделей в рамках одного подхода, направленная на создание более детализированных и комплексных инструментов анализа; интеграция моделей и различных подходов в управлении, учете и анализе. Конечной целью данной интеграции является оптимизация операционных процессов, повышение общей эффективности деятельности и преодоление ограничений, присущих отдельным концепциям, за счет их взаимодополнения [6].

Интегрированный подход может включать как финансовый, так и операционный анализы, социальные и стратегические анализы с использованием различных методик оценки. Это позволяет получить полное представление о состоянии предприятия и планировать дальнейшее развитие. Комплексность, системность и динамичность интегрированного подхода делают его незаменимым инструментом для успешного управления бизнесом в условиях быстро меняющейся внешней среды.

Заключение. Проведенный анализ основных подходов к оценке эффективности деятельности современных организаций показывает, что отсутствует единая универсальная методология, пригодная для всех типов организаций и различных условий внешней среды. Выбор конкретной методики или их сочетания должен основываться на особенностях деятельности организации, её стратегических целях, наличии ресурсов и характеристиках внешней среды.

Современным организациям необходима комплексная оценка эффективности, охватывающая финансовые, операционные, инновационные и социальные аспекты. В условиях экономики знаний критически важно оценивать вклад нематериальных активов и инновационной активности в общий уровень эффективности современного предприятия. Также уровень удовлетворенности и лояльности клиентов выступает одним из ключевых факторов успеха, следовательно, оценка эффективности должна учитывать потребности и ожидания этих клиентов. Методики оценки эффективности должны обладать достаточной гибкостью и способностью к адаптации под изменяющиеся условия внешней среды и стратегические приоритеты организации.

Таким образом, в условиях динамично развивающейся внешней среды и постоянной эволюции социально-экономических процессов, наряду с традиционными подходами к оценке эффективности возникает и получает распространение современная методология. Однако выбор подхода к оценке эффективности деятельности современных организаций остается сложной задачей, требующей учета множества переменных. По мнению авторов,

оптимальным решением представляется разработка персонализированной системы оценки, комбинирующей элементы различных подходов и адаптированной к уникальным условиям деятельности каждой организации.

Список литературы

1. Zelezinskii AL, Arhipova OV, Hodos DV, Kazakova PB. Modern Methods of Evaluating the Effectiveness of the Organization. *Economic Vector*. 2021;(4(27)):65–70. <http://doi.org/10.36807/2411-7269-2021-4-27-65-70>
2. Панфиль Л.А., Муртазина Е.Э. Оценка эффективности деятельности предприятия. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016;(6–4):753–756.
3. Лапыгин Ю.Н. (ред.), Лапыгин Д.Ю., Лачинина Т.А. *Стратегическое развитие организации*. Москва: КноРус; 2017. 284 с.
4. Болдырева Н.П. Сущность эффективности развития промышленных предприятий в рыночных условиях и ее основные виды. *Интернет-журнал «Науковедение»*. (2015;7(6):1–11. <http://doi.org/10.15862/31EVN615>
5. Коробейникова Е.В. *Современные инструменты оценки и обеспечения эффективности деятельности предприятий*. Кемерово: Кемеровский институт (филиал) РГТЭУ имени Г.В. Плеханова; 2012. 164 с.
6. Тюкавкин Н.М. Методический аппарат анализа и оценки эффективности инновационной деятельности предприятия. *Интернет-журнал «Науковедение»*. 2016;8(1):1–11. <http://doi.org/10.15862/12EVN116>

Об авторах:

Елена Алексеевна Заиченко, студент кафедры экономики и менеджмента Донского государственного технического университета (344022, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), zaichenko.lena2015@gmail.com

Татьяна Николаевна Тухканен, доцент кафедры экономики и менеджмента Донского государственного технического университета (344022, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), ttn152@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Elena A. Zaichenko, Student of Economics and Management Department, Don State Technical University (162, Sotsialisticheskaya Str., Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation), zaichenko.lena2015@gmail.com

Tatyana N. Tuhkanen, Associate Professor of Economics and Management Department, Don State Technical University (162, Sotsialisticheskaya Str., Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation), ttn152@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 331.1

Анализ российского рынка электротехнической продукции

К.А. Бармута, И.И. Софьянникова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрены ключевые особенности электротехнической продукции как товара, проанализировано развитие рынка электротехнической продукции за последние десять лет. Выявлена значительная зависимость рынка от импорта высокотехнологичных электротоваров, а также от санкций, введенных странами Европы, США и КНР в отношении поставок ряда категорий электротехнической продукции на российский рынок, что затрудняет расчёты с российскими организациями. Указано, что основную роль в продвижении электротехнической продукции играют прямые продажи и интернет-технологии. Также был отмечен дефицит высококвалифицированных кадров в сфере продвижения электротехнической продукции. Особенности российского рынка электротехнической продукции систематизированы, и рекомендуется учитывать их при разработке стратегий продвижения электротехнических товаров российскими организациями.

Ключевые слова: электротехника, продвижение, импортозамещение, прямые продажи, маркетинг, высокотехнологичная продукция, санкции

Для цитирования. Бармута К.А., Софьянникова И.И. Анализ российского рынка электротехнической продукции. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):120–124.

Analysis of the Russian Electrical Products Market

Karine A. Barmuta, Irina I. Sofyannikova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The features of electrical products as a commodity and the development of the electrical market over the past decade have been studied. The high dependence of the market on imports of high-tech electrical goods and sanctions imposed by European countries, the United States, and China on the supply of certain types of electrical products to the Russian market has been revealed, as well as the settlement with Russian organizations. It has been established that direct sales and online technologies play a major role in promoting electrical products. A lack of highly qualified personnel in the field of electrical product promotion has also been identified. The features of the Russian electrical market have been systematized, and it is recommended that they be taken into account when developing policies for promoting electrical products by Russian organizations.

Keywords: electrical engineering, promotion, import substitution, direct sales, marketing, high-tech products, sanctions

For Citation. Barmuta KA, Sofyannikova II. Analysis of the Russian Electrical Products Market. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):120–124.

Введение. Электроэнергия является неотъемлемой частью существования современного общества. Без нее не обходится ни одно производство, и поэтому роль электроэнергетической отрасли в современной экономике невозможно переоценить. Электроэнергетика выступает базовой составляющей всех промышленных отраслей, поставляя электротехнические товары в важнейшие сферы деятельности. Она не только обеспечивает потребности промышленности в энергии, но и является необходимым условием для развития инфраструктуры, строительства и модернизации промышленных объектов. Кроме того, экспорт электроэнергии представляет собой

важнейшую доходную статью бюджета страны. Поскольку электротехническая отрасль играет ключевую роль в обеспечении безопасности страны и является поставщиком продукции во все другие сферы, анализ рынка электротехнической продукции и выявление тенденций его развития становится особенно актуальным. Это позволит своевременно выявлять негативные тенденции в развитии данного рынка и принимать меры для обеспечения его нормального функционирования.

Целью данного исследования является проведение анализа текущей ситуации на рынке электротехнической продукции и выявление ключевых трендов, определяющих перспективы его развития.

Основная часть. За последние десять лет российская электротехническая промышленность претерпела значительные изменения. До 2014 года в этой сфере отмечалась сильная зависимость от импорта, особенно в сегментах высокотехнологичного оборудования и компонентов, необходимых для энергетики, строительства, машиностроения и различных промышленных производств. По разным группам товаров доля импорта составляла от 20 до 70 %, при этом ведущими импортерами были азиатские компании, в меньшей степени – европейские. Например, еще в начале 2022 года 70 % рынка электротехники и промышленной автоматизации приходилось на товары производителей таких как ABB, Siemens и Schneider Electric. Производители из США практически не были представлены на этом рынке [1, 2]. Отсутствие государственной поддержки, недостаточно сильная протекционистская политика и сильное конкурентное давление со стороны иностранных компаний поставили российских производителей электротехнических товаров на грань выживания.

В 2023 году произошло перераспределение рынка электротехнических товаров между новыми участниками. С усилением санкций, введенных западными странами, ситуация начала меняться в сторону роста российского производства, поскольку правительство страны существенно усилило поддержку развития отечественного электротехнического производства. В настоящее время такая поддержка выражается в предоставлении субсидий на развитие производств, налоговых льготах и реализации специальных программ для поддержки малого и среднего бизнеса, подготовки квалифицированных кадров, а также в выдаче грантов на научные исследования и разработку новых технологий. Это позволяет значительно нарастить выпуск продукции, в частности электрического оборудования.

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, выпуск электрического оборудования ежегодно растет высокими темпами, и в 2023 году темпы роста стали наивысшими за последние несколько лет.

Таблица 1

Динамика производства электрического оборудования (составлено по данным Росстата [3])

Показатели	Годы				
	2019	2020	2021	2022	2023
Объем отгруженных товаров по виду деятельности «Производство электрического оборудования», млрд. руб.	1042	1178	1366	1475	1873
Темп роста объема отгруженных товаров по виду деятельности «Производство электрического оборудования», %	—	113,1	116,0	108,0	126,9

Тем не менее, зависимость электротехнической отрасли от импортных комплектующих и технологий по-прежнему остаётся высокой. Внутри страны успешным образом налажен выпуск кабелей и низковольтного оборудования, при этом большинство предприятий сосредоточено в Центральном (57,4 %), Приволжском (32,8 %) и Сибирском ФО (4,3 %) [1, 2]. Что касается высоковольтного оборудования, промышленных трансформаторов и других высокотехнологичных электротехнических товаров, таких как микропроцессоры и высокоточные датчики, к сожалению, их производство невозможно быстро наладить в российских условиях, поэтому эти товары в основном продолжают импортироваться.

Таким образом, для российского рынка электротехнической промышленности характерны такие особенности, как высокая зависимость от импорта высокотехнологичной продукции и конкуренция с зарубежными производителями, а также оказанная со стороны государства поддержка электротехнического производства. Если санкции будут отменены, ситуация для отечественных производителей электротехнической продукции может ухудшиться, поскольку на российский рынок вернутся сильные западные бренды, продукция которых выигрывает по качеству, функциональности и технологичности. Это может ослабить позиции российских производителей, что подчеркивает важность формирования политики продвижения их продукции.

Электротехнические товары относятся к категории сложных товаров [4]. Ключевой особенностью электротехнической продукции является её техническая сложность, предопределяющая необходимость привлечения организаций из смежных отраслей для её эксплуатации в соответствии с назначением, что и позволяет квалифицировать электротехническую продукцию как сложный товар. Основным отличием сложного товара от простого

является участие третьих лиц в процессе купли-продажи, которые благодаря своим профессиональным знаниям и навыкам «доводят» товар от производителя до конечного потребителя, формируя его окончательную потребительскую стоимость. К таким промежуточным потребителям относят комплектующие, монтажные и эксплуатирующие организации, которые необходимы для использования электротехнического товара. Например, для приобретения трансформаторной подстанции необходимо заключение проектной организации, в которой указываются все необходимые технические параметры объекта. Далее к процессу продвижения товара привлекаются организации, занимающиеся комплектующими, затем — монтажные предприятия. После ввода в эксплуатацию требуется специализированное обслуживание, без которого функционирование объекта невозможно (рис. 1).



Рис. 1. Комплексное потребление электротехнической продукции [4]

Целевой аудиторией электротехнической продукции являются государственные заказчики, ответственные за реализацию государственных проектов и программ, проектные организации, крупные промышленные организации, строительно-монтажные организации, а также дилеры, закупающие продукцию крупным и средним оптом и реализующие ее в розницу.

Продвижение сложной продукции требует специальных знаний у продавцов, а также особой организации продвижения. Однако в настоящее время на рынке электротехнической продукции наблюдается дефицит квалифицированных кадров. Для того, чтобы представить такой товар потенциальным покупателям, нужны специальные знания в области электротехники. Менеджер по продажам должен обладать не только навыками продаж, но и иметь техническое образование либо проходить специальные курсы в данном направлении, самообучаться. Специалистов подобного профессионального уровня достаточно сложно найти, поэтому сфера продвижения электротехнической продукции испытывает дефицит менеджеров по продажам.

Прямые продажи в продвижении электротехнической продукции играют ведущую роль, поскольку это технически сложная продукция. Во многих случаях потребители таких товаров не имеют достаточно знаний в области электротехники, поэтому не могут четко сформулировать проблему, не знают способы ее решения и не знают возможности, которые может предоставить рынок, и поэтому им нужна помощь квалифицированного менеджера по продажам. Именно его знания, умение объяснить сложные технические моменты покупателям, предложить товар, решающий проблемы заказчика с минимальными затратами, определяет уровень доверия к торгующей организации и влияют на решение о покупке.

Перспективными технологиями продвижения электротехнической продукции являются интернет-технологии, такие как создание собственного интернет-магазина и его поисковая оптимизация, реализация через маркетплейсы. Эти технологии действенны в отношении стандартизированной продукции серийного и массового производства, например, кабелей, проводов, светотехники, люстр и других бытовых электротоваров. Еще одна особенность продвижения электротехнической продукции связана с тем, что посредники в большинстве своем закупают продукцию у иностранных производителей, в настоящее время — преимущественно у азиатских производителей. В начале 2024 года большинство китайских банков отказались принимать деньги от российских компаний, и это существенно усложнило торговые взаимоотношения, поскольку необходимо постоянно искать и реализовывать сложные схемы оплаты (через третьи страны, филиал Российского банка в Китае, бартерные схемы). Усложнение схем оплаты увеличило расходы посредников в продвижении импортной электротехнической продукции и негативным образом сказалось на ее цене. Импорт электротехнической продукции из-за рубежа связан также с риском задержкой поставок из-за очередей на таможенное оформление товара. Вну телефон связи с ростом товарооборота перед новогодними праздниками очереди удлиняются. Стоимость перевозки электротехнической продукции находится на среднем уровне относительно других промышленных товаров, поскольку:

- большинство электротехнических товаров в логистике имеют невысокую плотность груза;
- грузовместимость сложных электротехнических товаров низкая, то есть они так занимают пространство транспортного средства, что сложно его заполнить другими товарами;

– у товара низкое соотношение «стоимость / объем», поэтому для крупной оптовой компании, имеющей свой транспорт, имеет смысл до 30-40% перевозок электротехнических товаров отдавать посредникам, и в целом перевозка с помощью транспортно-логистических компаний (не собственным транспортом) будет оправданной.

Рассмотренные особенности российского рынка электротехнической продукции представлены на рис. 2.

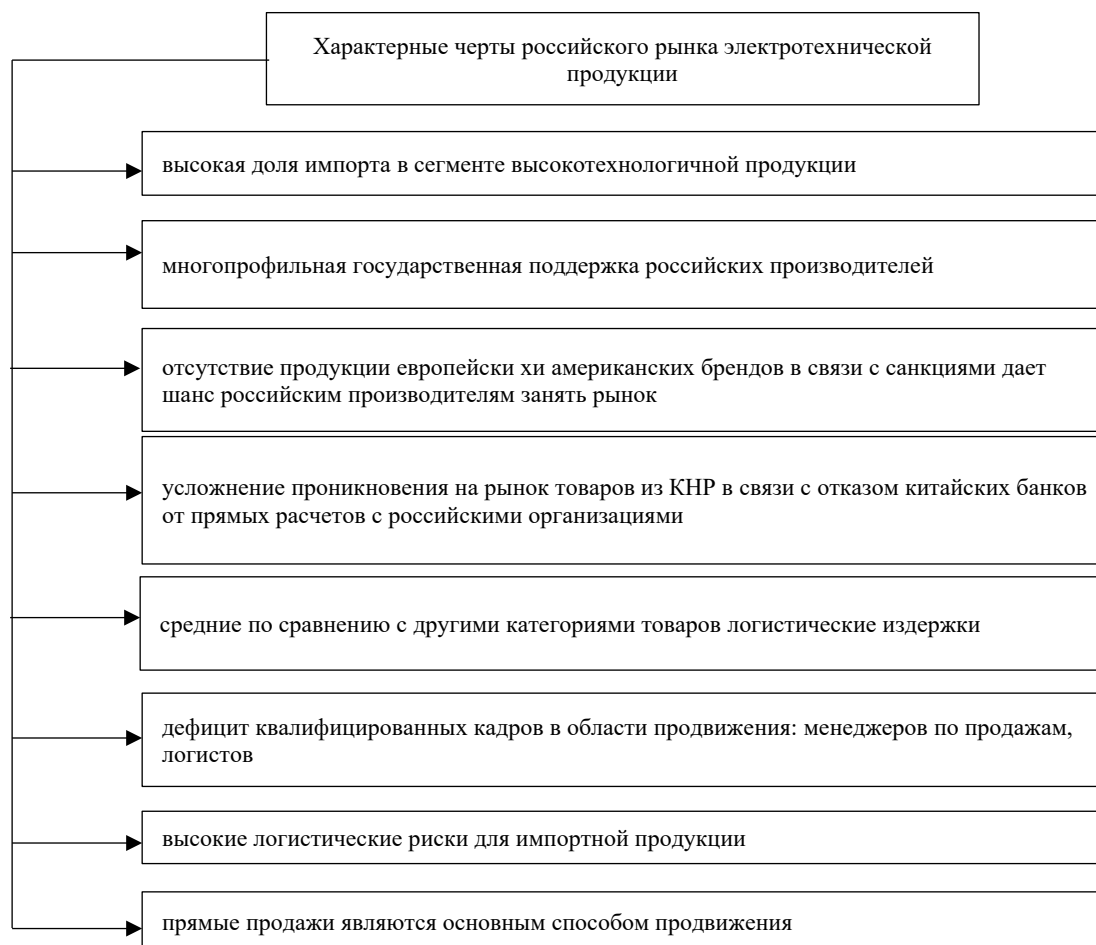


Рис. 2. Особенности российского рынка электротехнической продукции [1, 4]

Специфика электротехнической продукции как вида товаров и особенности российского рынка определяют и специфику политики её продвижения.

Заключение. Электротехническое производство играет первостепенную роль в обеспечении экономической устойчивости и независимости нашей страны, что особенно важно в условиях санкционного давления и ограничения доступа к мировым технологиям. Электротехнические товары, представляющие собой особый вид продукции, отличающийся технической сложностью, комплексностью потребления и другими специфическими свойствами, формируют уникальный рынок. Изучение данного рынка имеет важное значение для построения грамотной стратегии продвижения электротехнической продукции организациями.

Список литературы

1. Галанцев А.П. Специфика продвижения продукции на рынке электротоваров. *Вектор экономики*. 2020;2(44):4.
2. Сучкова В.Е. Импортозамещение в отрасли электроэнергетики как один из ключевых факторов экономической безопасности государства. В: *Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий»*, (Екатеринбург, 18–19 апреля 2022 г.). Уральский университет: Екатеринбург; 2022. С. 72–77.
3. *Российский статистический ежегодник*. Федеральная служба государственной статистики: Москва; 2024. 630 с.
4. Арманская О.В. Особенности развития рынка электротехнической продукции в условиях инновационной экономики. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*. 2010;(1):158–163.

Об авторах:

Каринэ Александровна Бармута, профессор, заведующий кафедрой экономики и менеджмента Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), carinaba@yandex.ru

Ирина Ивановна Софьянникова, магистрант кафедры экономики и менеджмента Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), isof77@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Karine A. Barmuta, Head of the Economics and Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), carinaba@yandex.ru

Irina I. Sofyannikova, Master's Degree Student of the Economics and Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), isof77@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.