

Основной титульный экран

Федеральное агентство по рыболовству  
Российский союз инженеров  
Международный союз машиностроителей  
Камчатский государственный технический университет  
Донецкий национальный технический университет  
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры  
Усинский филиал Ухтинского государственного технического университета

# **ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ**

*Материалы  
Шестой национальной (всероссийской) научно-технической конференции  
(9–10 ноября 2023 г.)*

Электронное издание

Издательство



КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский  
2024

1 дополнительный экран

УДК 656.6:629.5

ББК 39.42-08

Ответственный за выпуск

*О.А. Белов,*  
кандидат технических наук

Редакционная коллегия

*О.А. Белов (председатель), к.т.н.,*  
*С.Ю. Труднев, к.т.н.; А.В. Костенко, к.т.н.; С.Н. Царенко, д.т.н.,*  
*О.В. Ольхина; А.А. Седельникова*

**Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития** : материалы Шестой национальной (всероссийской) научно-технической конференции (9–10 ноября 2023 г.) [Электронный ресурс] / отв. за вып. О.А. Белов. – Электрон. дан. – Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2024. – 1 электрон. опт. диск. – Загл. с экрана.

В сборник включены материалы Шестой национальной (всероссийской) научно-технической конференции «Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития», отражающие научные и практические результаты в области технической эксплуатации водного транспорта.

Освещены актуальные проблемы, представлены современные достижения и перспективные направления развития в таких областях, как судовождение, судостроение и судоремонт, электротехнические комплексы и системы, информационные технологии и моделирование, технологические машины и оборудование, наукоемкие технологии изготовления и ремонта деталей судов и судовых агрегатов, подготовка инженерных кадров.

Авторами представленных докладов являются преподаватели, ведущие сотрудники научно-исследовательских институтов, аспиранты и студенты высших учебных заведений, ведущих научную и образовательную деятельность в сфере водного транспорта.

ISBN 978-5-328-00431-2

Текстовое (символьное) электронное издание

**Минимальные системные требования:**

Тип компьютера, процессор, частота: ПК, двухъядерный Intel Pentium 4 и выше, 1500 MHz

Оперативная память (RAM): 2 Gb и выше

Необходимо на винчестере: от 80 Gb

Операционные системы: Microsoft Windows XP/7/8/10/11 (32 или 64 bit) Linux с GUI

Видеосистема: видеокарта 8 Mb памяти или лучше

Акустическая система: звуковая карта (любая)

Дополнительное оборудование: привод CD-R дисков

Дополнительные программные средства: ПО для просмотра файлов PDF

Количество носителей: 1

© КамчатГТУ, 2024

© Авторы, 2024

Техническая обработка  
и подготовка материалов – Е.Е. Бабух

Дата подписания к использованию 31.01.2024

Объем издания – 4,87 Мб

Количество носителей – 1

Записано на материальный носитель:

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»

Издательство КамчатГТУ

63003, г. Петропавловск-Камчатский,

ул. Ключевская, 35

Тел. (4152)300-953. Факс (4152)42-05-01

E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru

# **ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ**

*Материалы  
Шестой национальной (всероссийской) научно-технической конференции  
(9–10 ноября 2023 г.)*

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **СЕКЦИЯ 1. СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

<b>Белов О.А., Ястребов Д.П., Швецов В.А., Рыбалка Б.В.</b> К вопросу проверки потенциала судовых хлорсеребряных электродов сравнения .....	4
<b>Васильев В.К.</b> Перспективы внедрения контейнер-цистерн в эксплуатацию для перевозок сжиженного природного газа с точки зрения обработки груза .....	9
<b>Лебедева А.П., Степанова Е.А.</b> Исследование и анализ гигроскопических свойств некоторых пищевых и кормовых материалов как потенциальных сорбентов.....	13
<b>Трибунская Р.М., Жуков С.А., Белоцкий Л.А.</b> К вопросу повышения ресурса деталей цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания .....	18
<b>Тряпицина Д.С., Костенко А.В.</b> К вопросу о создании экспериментальной установки для исследования динамических характеристик судового валопровода.....	21
<b>Царенко С.Н., Голованев Е.А.</b> Разработка стенда для определения динамических нагрузок в элементах узла ножевого вала куттера.....	24
<b>Ястребов Д.П., Швецов В.А., Кругень Ю.В., Калинин П.Г.</b> К вопросу развития стандартных электродов сравнения и перспективы их использования для контроля протекторной защиты морских судов и кораблей .....	28

### **СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ**

<b>Гаврилов С.В.</b> Некоторые направления развития энергетических установок морских транспортных судов Камчатского региона в середине XX в.....	34
<b>Гараев Р.А., Змеев А.Д.</b> Перспектива эксплуатации подводного дрона с установленной механической клешней.....	39
<b>Данилов Д.С., Рогожников А.О.</b> Проблема пуска электродвигателей при их длительном застое в условиях агрессивной среды .....	43
<b>Данилов Д.С., Рогожников А.О.</b> Разработка устройства предупредительного замера уровня сопротивления изоляции и автоматического пуска электродвигателя .....	46
<b>Забелин А.А.</b> Обзор основных функциональных возможностей программируемого логического контроллера «ОВЕН ПЛК-63».....	50

<b>Забелин А.А., Рогожников А.О.</b>	
Проект разрабатываемого учебного лабораторного стенда на основе ПЛК-63 .....	54
<b>Мясников Г.С., Федосеев К.Р., Рябовол Н.С., Белов О.А.</b>	
Исследование тепловых процессов асинхронного электродвигателя в продолжительном режиме работы с вариативной нагрузкой .....	58
<b>Омельченко Д.О., Толстова Л.А.</b>	
Анализ путей повышения надежности судовой электроэнергетической системы .....	63
<b>Рак А.Н., Гутаревич В.О.</b>	
Оценка устойчивости системы автоматического управления подруливающим устройством с дизельным приводом .....	67
<b>Рак А.Н., Игнаткина Е.Л., Арзютов И.П.</b>	
Управление энергоэффективностью на морских судах .....	73
<b>Семененко А.Ю., Гладких А.С.</b>	
Разработка и исследование режимов работы универсального блока питания .....	78
<b>Толстова Л.А., Богомолов А.С.</b>	
Перспективные направления совершенствования электрической защиты судового электрооборудования .....	82
<b>Федосеев К.Р., Рябовол Н.С., Мясников Г.С., Белов О.А.</b>	
Исследование тепловых процессов асинхронного электродвигателя в кратковременном режиме работы с номинальной нагрузкой .....	86
<b>Филатов М.С., Горбанева А.С.</b>	
Организация диагностики судовых автоматических выключателей .....	91

### СЕКЦИЯ 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

<b>Григорьева Д.Э., Николаева Н.А.</b>	
Использование 3D-моделирования в гидротехническом строительстве .....	95
<b>Жидкова А.М.</b>	
Информационная модель движения барже-буксирных составов с учетом изменений водного пути .....	99
<b>Капанский А.А.</b>	
Использование технологии интернета вещей для информационного обеспечения процессов управления и мониторинга в системах водоснабжения .....	105
<b>Михайлов А.Н., Анастасьев А.В., Пичко Н.С.</b>	
Анализ влияния деструктивных факторов на выход из строя лопаток турбины ГТД и локализация зон их действия.....	111
<b>Семин Т.Б.</b>	
Мониторинг декаметровых радиолоний с использованием SDR-технологий .....	114
<b>Скрынник Д.А.</b>	
Оптимизация параметров судовых антенн в программной среде MMANA.....	117
<b>Станкевич Т.С.</b>	
Перспективы применения искусственных нейронных сетей для обеспечения безопасности морского транспорта .....	120

### СЕКЦИЯ 4. ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ, ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

<b>Белавина О.А., Швецов В.А., Опрышко Б.А.</b>	
К вопросу совершенствования технического обеспечения автоматизированных систем мониторинга подземных вод.....	124
<b>Волков В.С.</b>	
К вопросу о языковых возможностях искусственного интеллекта (записки на полях) .....	128

<b>Опрышко Б.А., Белавина О.А.</b>	
Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли.....	136
<b>Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А., Ястребов Д.П.</b>	
К вопросу смещения показаний датчика гидростатического давления приборов LEVELOGGER EDGE.....	140
<b>Шестак О.И., Бойко Е.А.</b>	
Количественный и качественный состав рыболовного флота: СССР VS Российская Федерация.....	143
<b>Яблуновский И.А., Бобров М.Ю.</b>	
Основные аспекты психологического и физиологического здоровья экипажей судов .....	149
Список организаций – участников конференции и их адреса .....	152

## СЕКЦИЯ 1. СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 620.19:629.5.023

**О.А. Белов, Д.П. Ястребов, В.А. Швецов, Б.В. Рыбалка**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: restart1101@mail.ru*

### К ВОПРОСУ ПРОВЕРКИ ПОТЕНЦИАЛА СУДОВЫХ ХЛОРСЕРЕБРЯНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ СРАВНЕНИЯ

Применение коррозионной защиты на судах имеет одно из первостепенных значений, т. к. ущерб от преждевременного коррозионного износа металлоконструкций может быть огромным и напрямую снижает безопасность мореплавания и повышает объем ремонтных работ. Производят оценку работоспособности систем коррозионной защиты экипажи морских судов с помощью хлорсеребряного электрода сравнения согласно нормативной документации. Для обеспечения достоверности результатов контроля необходимо проверять потенциал хлорсеребряных электродов сравнения по существующим методикам, которые приведены в руководящих документах и ГОСТ. Авторы провели серию экспериментов при помощи автоматизированного измерительного устройства в лабораторных условиях, измеряя разность потенциалов двух хлорсеребряных электродов сравнения, где электрод № 1 выступил в качестве контрольного, а электрод № 2 в качестве рабочего. В процессе лабораторных исследований авторы подтвердили обоснованность методики проверки хлорсеребряного электрода сравнения, приведенной в РЗК-НК-01. Показано, что вопрос проверки судовых хлорсеребряных электродов сравнения требует дальнейшего изучения.

**Ключевые слова:** коррозионная защита, измерение потенциала, эффективность работы защиты от коррозии, защитный потенциал, разница потенциалов.

**O.A. Belov, D.P. Yastrebov, V.A. Shvetsov, B.V. Rybalka**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: restart1101@mail.ru*

### ON THE ISSUE OF TESTING SHIPBOARD SILVER CHLORIDE COMPARISON ELECTRODES POTENTIAL

The use of corrosion protection on ships is of paramount importance, because the damage from premature corrosion wear of metal structures can be huge and directly reduces the safety of navigation and increases the amount of repair work. The crews of marine vessels evaluate the performance of corrosion protection systems using a silver chloride comparison electrode in accordance with regulatory documentation. To ensure the reliability of the control results, it is necessary to check the potential of silver chloride comparison electrodes according to existing methods, which are given in the guidance documents and state standard. The authors conducted a series of experiments using an automated measuring device in the laboratory, measuring the potential difference of two silver chloride comparison electrodes, where electrode No. 1 acted as a control, and electrode No. 2 – as a working one. In the course of laboratory studies, the authors confirmed the validity of the methodology for checking the silver chloride comparison electrode, given in RZK-NK-01. It is shown that the issue of checking shipboard silver chloride comparison electrodes requires further study.

**Key words:** corrosion protection, potential measurement, corrosion protection performance, protective potential, potential difference.

Согласно нормативным документам [1, 2] экипажи морских судов должны контролировать работоспособность систем электрохимической защиты судов от коррозии с помощью хлорсе-

ребриного электрода сравнения (ХСЭ). Для обеспечения достоверности результатов контроля необходимо проверять потенциал ХСЭ по методике, приведенной в нормативном документе [1]. При этом интервал допустимых значений для результатов контрольных измерений в [1] не указан. Авторы нормативного документа [3] установили следующий интервал допустимых значений для разности потенциалов между испытываемым ХСЭ (И) и контрольным ХСЭ (К):  $\Delta U \leq \pm 20$  мВ. В то же время авторы патента [4] утверждают, что допустимая разность потенциалов между ХСЭ (И) и ХСЭ (К) в морских условиях составляет:  $\pm 4$  мВ. Такое расхождение в результатах научных исследований, полученных разными авторами, говорит о том, что вопрос проверки потенциала судовых ХСЭ полностью не решен. Необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования и снабдить экипажи судов необходимой информацией.

Цель статьи – обмен опытом в области проверки потенциала судовых ХСЭ.

Для достижения поставленной цели был выполнен следующий эксперимент. Измеряли разность потенциалов между ХСЭ (К) № 1 и ХСЭ № 2 (И) в период времени с 1.08.2023 по 7.08.2023 в лабораторных условиях. Для выполнения измерений использовали автоматизированную лабораторную установку, приведенную на рис. 1.

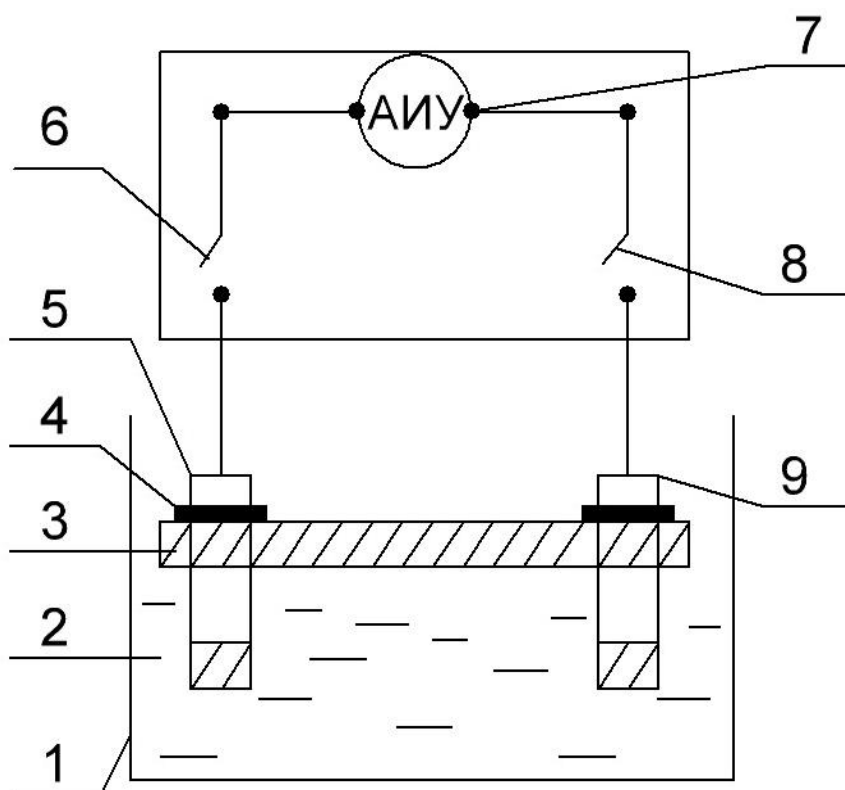


Рис. 1. Лабораторная установка для проверки судовых ХСЭ:

- 1 – сосуд, выполненный из диэлектрического материала; 2 – 3%-ный раствор хлористого натрия или морская вода;  
 3 – поплавки, выполненный из пенопласта; 4 – фиксирующее устройство;  
 5 – контрольный электрод; 6, 8 – выключатели;  
 7 – автоматизированное измерительное устройство (АИУ); 9 – проверяемый (рабочий) ХСЭ

Контрольные измерения разности потенциалов между ХСЭ (К) и ХСЭ (И) выполнялись на лабораторной установке в автоматизированном режиме, согласно рекомендациям [5–9]. Измерения выполняли круглосуточно. Интервал времени между единичными измерениями составлял около 30 минут. Температура морской воды, в которую погружали ХСЭ № 1 и № 2, составляла 21–22°C. Для математической обработки результатов измерений использовали программное обеспечение Microsoft Office Excel 365.

Итоговые результаты эксперимента приведены в таблице ( $U_{cp}$  – среднее арифметическое, мВ;  $R$  – размах вариации;  $d$  – среднее линейное отклонение;  $D$  – дисперсия;  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение;  $Kd$  – линейный коэффициент вариации, %;  $Kr$  – коэффициент осцилляции, %;  $V$  – коэффициент вариации, %).



**Результаты измерений разности потенциалов в автоматизированном режиме  
в период времени с 25.07.2023 по 31.07.2023 (в течение одной недели)**

№ п/п и наименова- ние	Результаты измерений разности потенциалов между ХСЭ (К) и ХСЭ (И) ( $\Delta U$ , мВ) в день:						
	25.07.2023	26.07.2023	27.07.2023	28.07.2023	29.07.2023	30.07.2023	31.07.2023
1	22	20	21	20	15	20	18
2	17	22	16	18	21	20	20
3	17	16	21	20	20	21	15
4	16	18	20	21	20	21	14
5	17	17	17	18	20	20	20
6	18	18	17	18	19	20	20
7	18	21	18	21	20	17	20
8	16	21	21	21	20	18	20
9	19	21	15	15	21	20	16
10	16	21	21	21	19	21	15
11	21	19	20	20	21	14	15
12	16	16	15	21	14	15	15
13	21	16	20	20	18	21	17
14	19	22	21	16	16	19	17
15	21	20	21	18	15	15	20
16	17	21	19	16	17	15	20
17	21	22	20	21	20	15	20
18	16	21	16	16	15	21	20
19	21	22	18	21	20	19	17
20	16	21	20	18	20	18	15
21	21	22	17	15	21	17	17
22	21	20	16	20	16	20	16
23	22	21	21	19	18	20	20
24	21	21	19	21	20	19	19
25	17	17	20	19	15	21	20
26	21	20	21	21	20	15	18
27	21	16	18	17	16	15	20
28	22	22	20	20	17	15	20
29	20	21	16	21	19	20	15
30	21	20	21	21	19	19	14
31	21	21	17	21	21	21	15
32	18	16	21	19	18	15	20
33	22	21	19	21	17	20	20
34	16	21	16	17	19	19	17
35	21	21	16	21	15	18	15
36	16	21	19	20	20	17	15
37	22	21	21	17	19	18	17
38	20	16	19	21	19	16	19
39	21	19	22	21	15	20	17
40	21	21	22	20	20	20	14
41	19	21	16	15	20	16	16
42	21	21	21	17	21	21	19
43	20	22	19	19	20	20	14
44	21	16	16	21	19	20	19
45	21	21	20	21	20	20	20
46	20	16	16	21	18	16	20
47	21	21	21	20	21	15	14
48	18			20	21	18	19
<i>U</i> сред, мВ	19,40	19,81	18,87	19,29	18,65	18,35	17,56
<i>R</i>	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00	6,00
<i>d</i>	1,91	1,76	1,86	1,65	1,75	1,98	2,06
<i>D</i>	4,45	4,33	4,45	3,71	4,27	4,98	5,08
$\sigma$	2,13	2,10	2,13	1,95	2,09	2,25	2,28
<i>Kd</i> , %	9,86	8,88	9,85	8,54	9,38	10,77	11,74
<i>Kr</i> , %	30,93	30,29	37,09	31,10	37,54	38,14	34,16
<i>V</i> , %	10,99	10,61	11,30	10,09	11,20	12,29	12,97

Из представленных результатов (табл.) можно сделать вывод о точности и повторяемости результатов измерений электродов сравнения, поскольку  $V, \% \leq 30\%$ , то полученные совокупности однородны, а вариация их слабая. Полученным результатам эксперимента можно доверять [10].

Динамика изменений результатов потенциала электродов сравнения проиллюстрирована на рис. 2.



Рис. 2. Динамика результатов измерений разности потенциалов между ХСЭ (К) и ХСЭ (И) в период времени 25.07.23–31.07.23

Из рис. 2 видно, что все результаты измерений находятся в интервале значения:  $\Delta U < 20$  мВ. Таким образом, рекомендации разработчиков руководства [3] научно обоснованы. Тема требует дальнейшего исследования с опорой на опыт научных работ [11–17].

#### Выводы:

1. Экипажи морских судов и кораблей могут по-прежнему использовать методику проверки ХСЭ, предложенную авторами работы [3].
2. Метод проверки потенциала судовых хлорсеребряных электродов сравнения нуждается в дополнительных исследованиях.

#### Литература

1. ГОСТ 9.056-75. Стальные корпуса кораблей и судов. Общие требования к электрохимической защите. Введ. 1976-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 20 с.
2. ГОСТ 26501-85. Корпуса морских судов. Общие требования к электрохимической защите. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 7 с.
3. РЗК-НК-01. Руководство по защите корпусов наводных кораблей ВМФ от коррозии и обрастания. – М.: Военное изд-во, 2001. – 258 с.
4. Установка для испытаний электродов сравнения в морских условиях: Патент 2685459 Российская Федерация, МПК G01N 17/02, C23F 13/16. № 2017136074; заяв. 11.10.20217; опубл. 18.04.2018 / А.Ю. Копысов, В.Ю. Корзинин, А.В. Гончаров, А.В. Валюшок, А.В. Замятин; заявитель и патентообладатель Публичное акционерное общество «Транснефть» (ПАО «Транснефть») (RU); Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть») (RU).
5. Белов О.А., Швецов В.А., Ястребов Д.П. Обоснование оптимальной периодичности контроля работы протекторной защиты стальных корпусов судов // Эксплуатация морского транспорта. – Новороссийск, 2017. – № 1(82). – С. 41–48.
6. Внедрение усовершенствованного способа контроля систем протекторной защиты стальных корпусов судов камчатского флота / О.А. Белов, В.А. Швецов, Д.П. Ястребов, О.А. Белавина,

*Д.В. Шунькин* // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2017. – Вып. 39. – С. 6–11.

7. Обоснование возможности исключения внешнего осмотра систем протекторной защиты стальных корпусов судов / *В.А. Швецов, О.А. Белов, О.А. Белавина, Д.П. Ястребов* // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2017. – Вып. 1. – С. 29–38.

8. Обоснование способа выбора контрольных точек для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов / *П.А. Белозеров, В.А. Швецов, О.А. Белавина, Д.В. Шунькин, Д.В. Коростылёв, В.А. Пахомов, С.А. Малиновский* // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2014. – Вып. 28. – С. 6–11.

9. Обоснование выбора необходимого числа параллельных измерений защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов в контрольной точке / *В.А. Швецов, П.А. Белозеров, О.А. Белавина, Д.В. Шунькин, С.А. Малиновский* // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2016. – Вып. 35. – С. 40–46.

10. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089016> (дата обращения: 28.07.2023).

11. О выборе электродов для контроля систем протекторной защиты стальных судов и кораблей / *Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, О.А. Белавина* // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2019. – Вып. 4. – С. 39–45.

12. О целесообразности использования хлорсеребряных электродов для контроля систем протекторной защиты стального корпуса судна / *Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, А.П. Ушакевич, Г.В. Кузнецов* // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 121–124.

13. К вопросу использования цинковых электродов для контроля протекторной защиты судов и кораблей / *Д.П. Ястребов, Д.В. Шунькин, А.О. Рогожников, Г.В. Кузнецов* // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2021. – Вып. 2. – С. 16–23.

14. К вопросу использования стальных пластин для контроля протекторной защиты корпусов судов и кораблей / *Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, О.А. Белавина, С.А. Зайцев* // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 125–129.

15. К вопросу использования электродов из судокорпусной стали для контроля защищенности от коррозии корпусов судов и кораблей / *Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, Б.В. Тарабанов, С.А. Зайцев* // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2020. – С. 15–21.

16. К вопросу использования алюминиевых электродов для контроля защищенности от коррозии стальных корпусов судов и кораблей / *Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, А.П. Ушакевич, Г.В. Кузнецов, Б.В. Тарабанов* // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2021. – Вып. 3. – С. 23–32.

17. *Ястребов Д.П.* К вопросу использования медных электродов для контроля защищенности от коррозии стальных корпусов судов и кораблей // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2021. – Вып. 4. – С. 43–51.

УДК 656.614.3

**В.К. Васильев**

*Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова,  
Санкт-Петербург, 198515  
e-mail: vasilevldk@gmail.com*

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ КОНТЕЙНЕР-ЦИСТЕРН В ЭКСПЛУАТАЦИЮ  
ДЛЯ ПЕРЕВОЗОК СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА  
С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОБРАБОТКИ ГРУЗА**

В статье рассматриваются перспективы эксплуатации контейнер-цистерн для перевозок сжиженного природного газа, особенности их обработки, а также сравнение скорости обработки танкера «Yamalmax» с контейнеровозом, груженным цистерн-контейнерами с таким же количеством сжиженного природного газа.

**Ключевые слова:** СПГ, контейнер-цистерны, перспективы, обработка груза.

**V.K. Vasilev**

*State University of Sea and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov  
St. Petersburg, 198515  
e-mail: vasilevldk@gmail.com*

**PERSPECTIVES OF TANK-CONTAINERS INTRODUCTION INTO OPERATION  
FOR TRANSPORTATIONS OF LIQUEFIED NATURAL GAS  
FROM THE POINT OF VIEW OF CARGO HANDLING**

The prospects of tank containers operation for the transportation of liquefied natural gas, the features of their processing, as well as comparison of the processing speed of the “Yamalmax” tanker with a container ship loaded with tank containers with the same amount of liquefied natural gas are discussed in the article.

**Key words:** LNG, container-tankers, perspectives, cargo handling.

Сжиженный природный газ является одним из наиболее перспективных видов топлива в настоящее время, так как он является более экологически чистым, чем традиционные виды топлива, и имеет более высокую энергетическую плотность, также СПГ является одним из самых важных товаров для Российской Федерации, составляющих одну из основных статей доходов нашей экономики. СПГ используется как для внутреннего потребления внутри страны, так и для продажи за границу. Несмотря на рекордное количество санкций, введенных в отношении отечественной газовой промышленности, на сжиженный природный газ сохраняется постоянный неснижающийся спрос со стороны многих государств, в том числе тех, кто в отношении него санкции и водил.

Контейнер-цистерны обладают целым рядом преимуществ и недостатков. К недостаткам контейнер-цистерн можно отнести такую важнейшую характеристику, как скорость обработки груза [1].

Скорость обработки груза является одним из главных факторов, влияющих на внедрение в эксплуатацию, и для углубления в этот вопрос использовалось сравнение количества времени, необходимого для полной обработки судов, перевозящих одинаковое количество груза.

Постановка задач:

1. Сравнить скорости перегрузки танкера класса «Yamalmax» и контейнеровоза вместимостью 8 000 TEU, полностью загруженного контейнер-цистернами.
2. Определить преимущества и недостатки контейнер-цистерн.

В расчетах использовался контейнеровоз вместимостью 8 000 TEU, загруженный контейнер-цистернами с максимальным объемом 40 м<sup>5</sup> и длиной 40 футов, а также танкер класса «Yamalmax» (рис. 1 и 2). Разгрузка танкера «Yamalmax» в специализированном порту в среднем

занимает около 18 часов. В то же время обработка контейнеровоза вместимостью 8 000 TEU в среднем занимает около пяти с половиной дней при условии, что его разгружают сразу 4 STS крана [2].



Рис. 1. Контейнер-цистерна

Несмотря на такой серьезный недостаток, контейнер-цистерны обладают большим количеством преимуществ.

Во-первых, контейнер-цистерны с точки зрения перегрузочных работ являются универсальным грузом. Для обработки танкера «Yamalmax» необходим специализированный порт с необходимым оборудованием, выстроенной вокруг него инфраструктурой и минимальной глубиной 15 м, в то же время контейнер-цистерны могут быть обработаны почти в любом морском или речном порту, а также в сухих портах и на ж/д станциях [3].



Рис. 2. Танкер класса «Yamalmax»

Танкер класса «Yamalmax» может перевозить максимально  $172\,000\text{ м}^3$ , для перевозки такого же объема в контейнер-цистернах понадобится контейнеровоз вместимостью 8 000 TEU, по размерам и судовым характеристикам максимально схожий с танкером. Тогда получается, что специализированное и универсальное суда могут перевозить одинаковый объем груза, с разницей в том, что контейнер-цистерны являются универсальным грузом, под их обработку строятся все современные порты, в то время как танкер может перегружаться только в специализированных портах (табл.).

## Сравнение размеров судов

Судно	Контейнеровоз BELITA, вместимостью 8 000 TEU	Танкер класса «Yamalmax»
Осадка	11,0 м	13,0 м
Длина	332,0 м	299,0 м
Ширина	42,0 м	50,13 м

Во-вторых, контейнер-цистерны позволяют более эффективно управлять процессом загрузки и выгрузки груза, что может существенно снизить время простоя и увеличить производительность транспортной логистики [4].

В-третьих, контейнер-цистерны обеспечивают более высокий уровень экономической эффективности. Контейнер-цистерны имеют большой объем, что позволяет перевозить большое количество СПГ за один раз. Это позволяет оптимизировать логистические затраты и повысить эффективность перевозок.

В-четвертых, использование контейнер-цистерн позволяет более гибко управлять объемом перевозимого груза, что может быть полезно в случаях, когда необходимо быстро корректировать объем поставок в зависимости от изменяющегося спроса на сжиженный природный газ.

В-пятых, во всем мире идет процесс контейнеризации. Крупнейшие в мире порты реконструируются специально для того, чтобы увеличить скорость обработки контейнерных грузов, все крупнейшие мировые компании заинтересованы в унификации перевозок, новое перегрузочное оборудование создается специально под контейнеры, и контейнер-цистерны являются одним из важнейших элементов контейнеризации перевозок.

В-шестых, эффективность контейнер-цистерн со временем только растет. Крупнейшие мировые производители контейнеров работают над увеличением максимального объема контейнер-цистерн, например, завод «РМ Рейл» в апреле 2023 г. представил контейнер-цистерну объемом 43,5 м<sup>3</sup>.

В-седьмых, контейнер-цистерны могут быть использованы для перевозок других видов грузов, помимо сжиженного природного газа, например химических и пищевых грузов, сжатых газов, а также некоторых сыпучих грузов.

Переходя к недостаткам эксплуатации контейнер-цистерн, помимо скорости перегрузки, можно выделить еще несколько пунктов:

Во-первых, неподготовленность портов для хранения. Большинство терминалов не обладает достаточными мощностями для подключения к своей сети питания сразу 4 000 контейнер-цистерн.

Во-вторых, неспособность обеспечения подключения к питанию 4 000 контейнер-цистерн большинством контейнеровозов. Суда такого типа обычно рассчитаны на подключение к своей сети до 20% контейнеров от их общего числа

В-третьих, отсутствие необходимого оборудования в большинстве портов для закачивания или выкачивания содержимого контейнер-цистерн.

Техническая неподготовленность судов и портов является сильным сдерживающим фактором развития спроса на перевозки контейнер-цистернами, и по мере развития и модернизации перегрузочных комплексов и судов будет расти востребованность данного типа перевозок.

В заключение можно сказать, что контейнер-цистерны являются довольно нишевым способом перевозок груза, который с точки зрения обработки груза в разы медленнее, чем танкеры, а также уступают им в удобстве.

Контейнер-цистерны, обладая большим количеством достоинств, по многим параметрам проигрывают перевозкам специализированными судами, явно лидирующим в области морских перевозок сжиженного природного газа. И по вышеприведенным причинам контейнер-цистерны не являются конкурентами или возможной заменой танкерам для перевозок сжиженного природного газа и не смогут стать ими.

## Литература

1. Лебская Т.А., Федосеев М.М. Проблемы обеспечения безопасности при эксплуатации контейнер-цистерн для транспортировки и хранения сжиженных природных газов [Электронный ресурс] // Технологии гражданской безопасности. – 2017. – № 2 (52). – URL: <https://cyberleninka.ru/>

article/n/problemy-obespecheniya-bezopasnosti-pri-ekspluatatsii-konteyner-tsistern-dlya-transportirovki-i-hraneniya-szhizhennyh-prirodnih-gazov (дата обращения: 13.09.2023).

2. Павловский В.А., Богданов А.В. Производство, хранение и транспортировка сжиженных природных газов [Электронный ресурс] // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2021. – № S1.– URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvo-hranenie-i-transportirovka-szhizhennyh-prirodnih-gazov> (дата обращения: 06.09.2023).

3. Сравнение самостоятельного движения и движения под проводкой ледокола газозовов типа «Yamalmax» [Электронный ресурс] / Ю.В. Соколова, О.С. Девятаев, Е.В. Афанасьева, Ю.М. Титова // Российская Арктика. – 2020. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-samostoyatel'nogo-dvizheniya-i-dvizheniya-pod-provodkoj-ledokola-gazovozov-tipa-yamalmax> (дата обращения: 20.09.2023).

4. Конструкционные методы снижения риска при эксплуатации изотермических резервуаров для хранения СПГ [Электронный ресурс] / Х.М. Ханухов, А.В. Алипов, Н.В. Четвертухин, А.В. Коломыцев, Р.Р. Шигапов // Вести газовой науки. – 2017. – № 1 (29). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktsionnye-metody-snizheniya-riska-pri-ekspluatatsii-izotermicheskikh-rezervuarov-dlya-hraneniya-spg> (дата обращения: 11.09.2023).

УДК 664.8.047

**А.П. Лебедева<sup>1</sup>, Е.А. Степанова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова,  
Санкт-Петербург, 198035  
e-mail: otd\_o@gumrf.ru;*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: len\_sta@rambler.ru*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ПИЩЕВЫХ И КОРМОВЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ**

Статья посвящена описанию техники, методики и анализу результатов исследования гигроскопических свойств ряда пищевых и кормовых материалов как потенциальных сорбентов. Критериями предварительного отбора были: дисперсность, возможность повторного использования, низкая стоимость и доступность, возможность последующего отделения от объекта сушки.

**Ключевые слова:** контактно-сорбционная сушка, сорбенты, гигроскопические свойства.

**A.P. Lebedeva<sup>1</sup>, E.A. Stepanova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *State University of Marine and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov,  
St. Petersburg, 198035  
e-mail: otd\_o@gumrf.ru;*

<sup>2</sup> *Kamchatsky State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: len\_sta@rambler.ru*

### **RESEARCH AND ANALYSIS OF HYGROSCOPIC PROPERTIES OF SOME FOOD AND FEED MATERIALS AS POTENTIAL SORBENTS**

The article is devoted to the description of the technique, methodology and analysis of the results of the study of hygroscopic properties of a number of food and feed materials as potential ingredients. The criteria for pre-selection were: dispersion, the possibility of reuse, low cost and availability, the possibility of subsequent separation from the drying object.

**Key words:** contact-sorption drying, sorbents, hygroscopic properties.

Контактно-сорбционный метод сушки материалов был известен давно. К сожалению, данный метод до сих пор не получил широкого распространения. Причина кроется в сложности выбора сорбента. Именно это побудило изучить свойства ряда пищевых и кормовых материалов, которые, на наш взгляд, возможно использовать в качестве сорбентов.

Критериями для выбора материалов в качестве сорбента были:

- доступность и невысокая стоимость;
- дисперсность материала;
- безопасность по отношению к пищевым продуктам;
- возможность многократного использования;
- допустимость последующего отделения от объекта сушки.

На основании вышеперечисленного были отобраны следующие материалы: целое и дробленое зерно пшеницы, манная крупа, пшеничные отруби, мука картофельная [1], «активированная» картофельная мука, подсолнечная лузга, песок кварцевый и  $Al_2O_3$ .

И сорбент, и материал, подвергаемый сушке, являются пористыми коллоидными телами. Следовательно, влага в них связана со скелетом тела разными по своей физической природе



силами. Механизм переноса влаги от материала, подвергаемого сушке, к сорбенту определяется формой связи влаги с материалом, особенностями его структуры и т. д.

При исследовании процесса контактно-сорбционной сушки важным этапом является изучение гигроскопических свойств потенциальных сорбентов.

Был проведен анализ изотерм сорбции-десорбции. На основании данного анализа были получены термодинамические массообменные характеристики, которые характеризуют свойства сорбента (истинная удельная изотермическая массоемкость, химический потенциал переноса, размеры пор и т. д.).

1. Методика экспериментов.

Зависимости равновесного влагосодержания  $u_p$  от относительной влажности  $\varphi$  для различных материалов, предполагаемых для использования в качестве сорбентов были получены статическим тензометрическим способом [2, 3].

Равновесное влагосодержание материалов определялось при относительной влажности воздуха (5; 10; 21; 28,2; 36; 43,6; 52,8; 69; 80,5) % и температурах 297 ÷ 313 К. Статический эксперимент продолжался 60 суток. Масса образцов составляла от 3,0 до 5,0 г. Бюксы с образцами (до помещения их в эксикаторы и при извлечении из них) взвешивались на аналитических весах ВЛА-С-О с точностью до  $10^{-7}$  кг.

Для обеспечения точности статистической оценки и надежности результатов исследования для каждого значения относительной влажности воздуха было взято по три образца материала. Исходное влагосодержание образцов определялось высушиванием в сушильном шкафу.

2. Результаты экспериментов.

Результаты экспериментов представлены в виде зависимости:

$$u_p = f(\varphi). \tag{1}$$

Равновесное влагосодержание в каждом опыте определялось по выражению:

$$u_p = \frac{m_{вл} - m_c}{m_c}, \tag{2}$$

где  $m_{вл}$  – масса влажного материала в равновесном состоянии;

$m_c$  – масса абсолютно сухого вещества материала.

Величина равновесного влагосодержания ( $u_p$ ) определялась как среднее арифметическое значение для трех измерений.

На рис. 1–4 приведены изотермы сорбции (с) и десорбции (д) влаги исследуемых материалов.

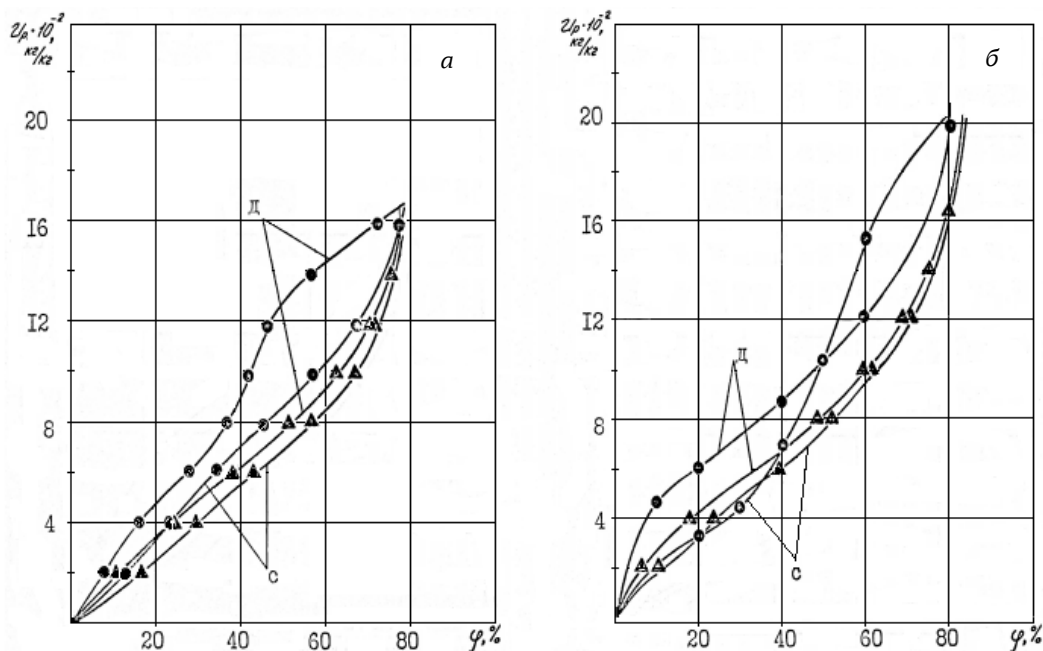


Рис. 1. Изотермы сорбции (с) и десорбции (д) влаги исследуемых материалов при различных температурах: а – манная крупа; б – дробленое зерно пшеницы; ● –  $t = 20^\circ\text{C}$ ; ▲ –  $t = 45^\circ\text{C}$

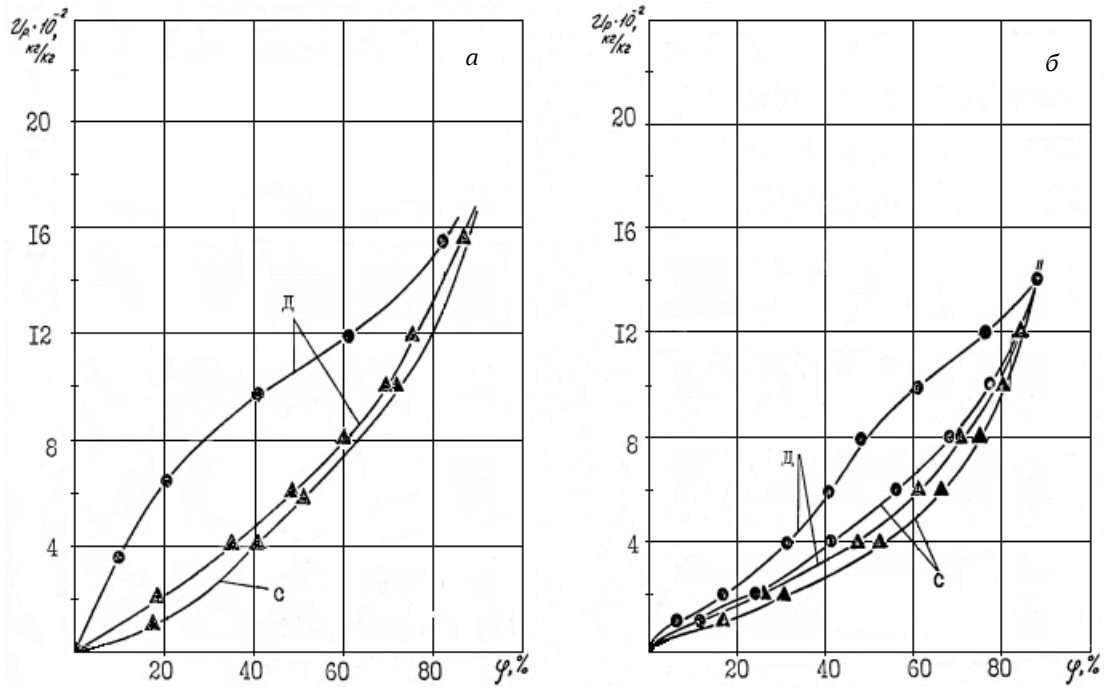


Рис. 2. Изотермы сорбции (с) и десорбции (д) влаги исследуемых материалов при различных температурах: а - отруби пшеничные; б - лузга подсолнечная; ● -  $t = 20^\circ\text{C}$ ; ▲ -  $t = 45^\circ\text{C}$

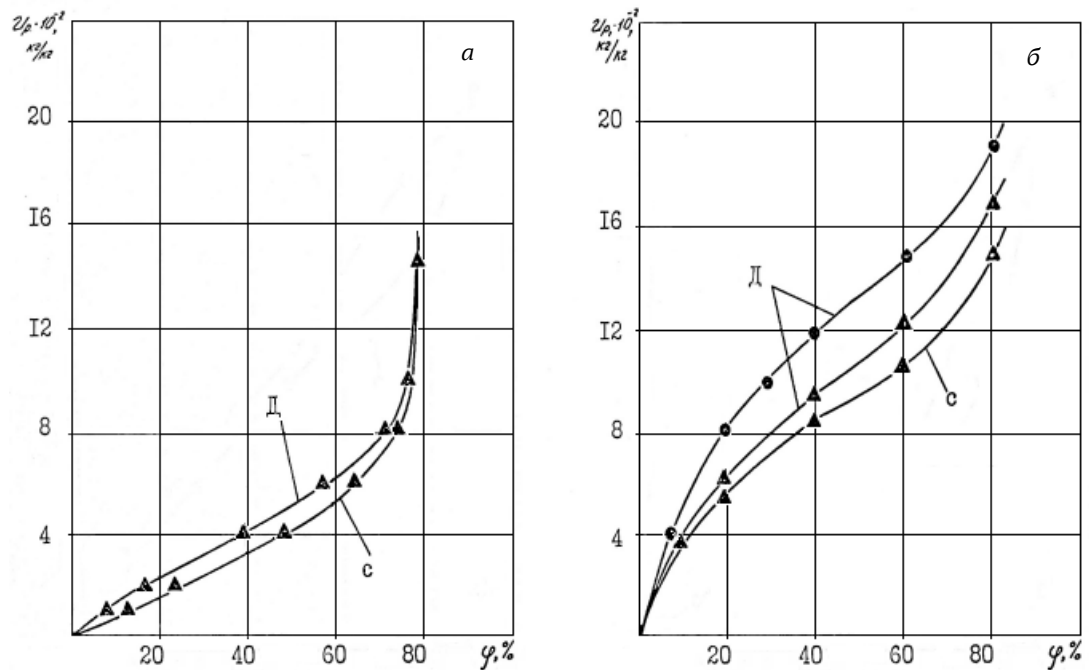


Рис. 3. Изотермы сорбции (с) и десорбции (д) влаги исследуемых материалов при различных температурах: а -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; б - зерно пшеницы; ● -  $t = 20^\circ\text{C}$ ; ▲ -  $t = 45^\circ\text{C}$

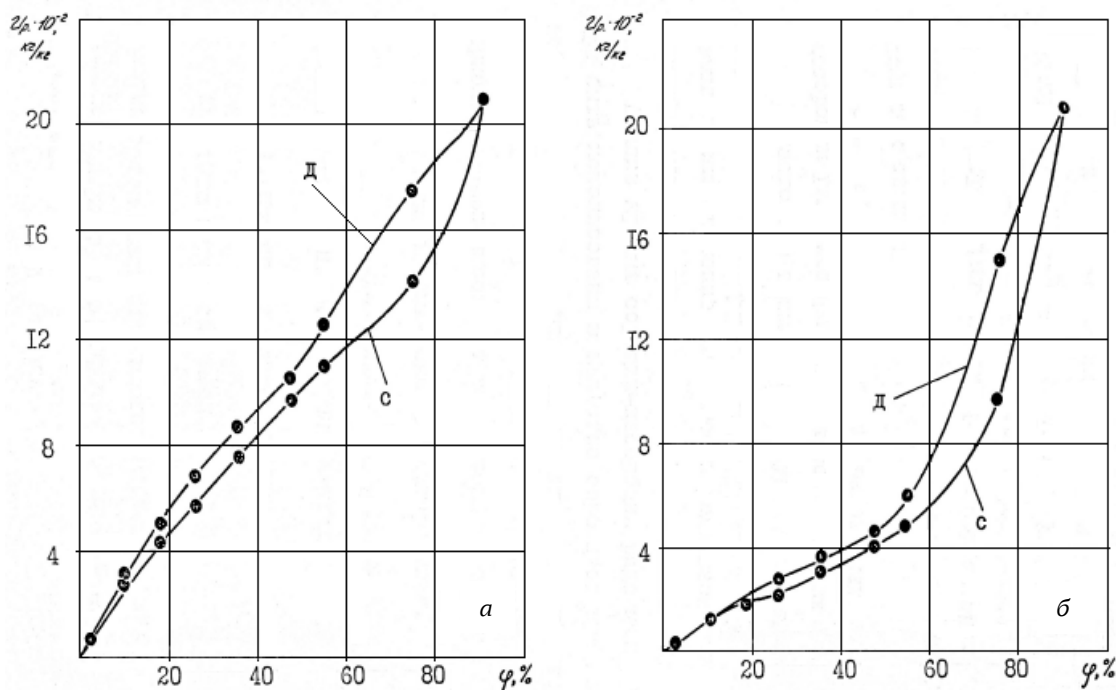


Рис. 4. Изотермы сорбции (с) и десорбции (д) влаги исследуемых материалов при различных температурах: а – картофельная мука; б – «активированная» картофельная мука; ● –  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ; ▲ –  $t = 45^{\circ}\text{C}$

Э.Г. Тутовой с соавторами [1] был предложен метод создания «активированной» картофельной муки. Данный продукт отличается от картофельной муки [4] тем, что он дополнительно содержит соль, причем компоненты взяты в следующем соотношении масс, %:

Картофельная мука	95 ÷ 95 %
Соль	5 ÷ 10 %.

Соль добавлена с целью улучшения качества картофельной муки путем повышения влагопоглотительной способности.

«Активированная» картофельная мука была также исследована при изучении гигроскопических свойств сорбентов.

Полученные изотермы имеют типичную для коллоидных капиллярно-пористых тел S-образную форму и относятся ко II–III типу изотерм по классификации БЭТ [5, 6].

Для исследования процесса сорбции-десорбции, термодинамических и структурных характеристик сорбентов возникла необходимость в определении гигроскопических свойств ряда материалов при различных температурах.

С этой целью в настоящей работе изучены изотермы сорбции-десорбции ряда материалов при температурах  $20^{\circ}\text{C}$  и  $45^{\circ}\text{C}$ .

До настоящего времени отсутствует разработанная теория, которая полностью описывает явление сорбции и десорбции, поэтому дать аналитическое решение зависимости равновесного влагосодержания от относительной влажности воздуха нельзя.

Анализ кривых сорбции-десорбции ряда материалов, которые могут быть использованы в качестве сорбентов при контактно-сорбционной сушке пищевых продуктов, характеризует влияние относительной влажности среды на поглощательную способность (сорбционную активность) материалов в зависимости от их природы и величины поверхности пор.

### Литература

1. А.с. 1144675 (СССР). Сорбент-наполнитель для пищевых и кормовых продуктов / Авт. изобрет. Э.Г. Тутова и др. – Оpubл. в Б.И. – 1985. – № 10.
2. Гинзбург А.С., Савина И.М. Массообменные характеристики пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1982. – 279 с.

3. *Стародубцева А.И., Панышина Н.И.* Практикум по хранению зерна. – М.: Колос, 1976. – 256 с.
4. ТУ 10-04-08-88. Мука картофельная пищевая. Введ. С 21.03.88 г. до 21.03.93 г. – 10 с. – Группа Н43.
5. *Брунауэр С.* Адсорбция газов и паров. – М.: Гос. Изд-во ин. лит-ры, 1948. – Т. I. – 784 с.
6. *Таран Н.Г.* Адсорбенты и иониты в пищевой промышленности. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1983. – 248 с.

УДК 621.432

**Р.М. Трибунская, С.А. Жуков, Л.А. Белоцкий**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: rayamt@mail.ru*

## К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Представлены способы повышения механических характеристик чугунов, а также технологические приемы создания двухслойной структуры сплава, применяемого при изготовлении отливок втулок цилиндров судовых дизелей.

**Ключевые слова:** совершенствование материалов, чугуны, структура таркаллой, вермикулярный графит, механические характеристики.

**R.M. Tribunskaya, S.A. Zhukov, L.A. Belotsky**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: rayamt@mail.ru*

## ON THE ISSUE OF INCREASING THE LIFE OF CYLINDER PISTON GROUP PARTS IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES

The methods of improving the mechanical characteristics of cast iron, as well as technological techniques for creating a two-layer structure of the alloy used in the manufacture of castings of cylinder bushings of marine diesel engines are presented.

**Key words:** improvement of materials, cast iron, tarkalloy structure, vermicular graphite, mechanical characteristics.

Требования к долговечности и надежности современных двигателей обусловлены ростом интенсивности их эксплуатации [1]. Возрастающие требования к показателям судовых двигателей внутреннего сгорания, таких как эффективное давление  $P_c$ , максимальное давление цикла  $P_z$ , давление наддува  $P_k$ , КПД двигателя, удельный эффективный расход топлива  $g_e$  и удельная мощность, предъявляют более высокие требования и к материалам, что требует создания новых сплавов. Общеизвестный факт, что современные судовые двигатели с большим трудом поддаются каким-либо усовершенствованиям. Необходимо отметить: изменение свойств и применение новых марок чугунов следовало за серьезными изменениями конструкции судовых двигателей.

Эволюция механических характеристик чугуна втулок цилиндров, колец поршневых достигнута путем оптимизации химического состава чугуна (табл.).

**Механические характеристики чугунов отливки цилиндропоршневой группы малооборотных судовых дизелей**

Обозначение дизеля по ГОСТу	Чугунные отливки цилиндропоршневой группы судовых дизелей	
	Втулки цилиндров	Кольца поршневые
8ДКРН 60/229-12	Чугун «Таркаллой - С», $R_m = 245$ МПа, 180–230 НВ	Чугун «Убаллой» $R_m = 245$ МПа, $E = (1,08 - 1,37)10^5$ МПа 187–229 НВ
6ДКРН 26/229-12		
6ДКРН 35/229-10		
6ДКРН 60/229-12		
8ДКРН 60/229-13		
6ДКРН 60/240-14	Чугун «Таркаллой - А», $R_m = 270$ МПа, 200–260 НВ	
7ДКРН 60/240-14		

Сплав «Таркаллой» представляет собой чугуны с пластинчатым графитом, легированный небольшим количеством бора (В – 0,02%, Cu 1,0–1,5%, V до 0,22%). Чугун «Убаллой» легирован медью и хромом (Cu 0,1–0,4%, Cr 0,1–0,4%), кроме того содержит серу (S – 0,12%).

Отличительная особенность сплава – высокая прочность и износостойкость, что вполне отвечает требованиям дизелестроителей. Однако существуют ограничения по улучшению прочностных характеристик при тех же показателях сопротивляемости материала износу.

Структура чугуна остается важнейшим классификационным признаком, так как она определяет его основные свойства. Она состоит из металлической основы, пронизанной графитовыми включениями. Последние очень благоприятно влияют на износостойкость и циклическую вязкость чугуна. Прочностные свойства чугуна определяются характером металлической основы и степенью ослабления этой основы графитовыми включениями [2].

Проводились множественные испытания различных вариантов химического состава чугуна с оптимальной структурой, создающей определенный комплекс параметров износостойкости и прочности. Было установлено, что чугун с вермикулярной формой графита показал более высокие требуемые характеристики. Вермикулярный графит занимает промежуточное положение между пластинчатой и шаровидной формой. Поэтому он обладает свойствами как первого, так и второго типа [3].

Этот чугун характеризуется следующими параметрами:

- механические свойства близкие к свойствам чугуна с шаровидным графитом;
- термическая стойкость близка к стойкости чугуна с пластинчатым графитом;
- малый процент усадки, т. е. структурная стабильность;
- износостойкость близка износостойкости чугуна с пластинчатым графитом.

Специалисты компании «Мицуи Таманоуркс» провели несколько практических исследований чугунов с вермикулярным графитом. Перлитную матрицу получали путем легирования медью и оловом.

Был откорректирован окончательный химический состав чугуна для втулок цилиндров в %: C – 3,8; Si – 1,74; Mn – 0,62%; P – 0,023; S – 0,019; Cu – 1,48; Sn – 0,032; Ce – 0,012; Mg – 0,023.

Испытания проводились на втулках цилиндрических, отлитых из чугунов с несколько различным химическим составом: с добавлением бора, бора и фосфора, и без них. Сравнение осуществлялось путем дублирования испытаний на сопротивление разрушению по времени. В результате испытания было установлено, что втулки цилиндров из чугуна с добавлением бора и фосфора имеют сопротивляемость выше, чем таркаллой. Эта разница составляет около 10%.

Одной из проблем, связанных с втулками цилиндров, является обеспечение высокой прочности и отвода тепла от головок поршней, для чего требуется большая толщина стенок в верхней части.

В таком случае прочность ВЦ может быть увеличена путем изготовления ее двухслойной; внутренняя поверхность из таркаллой, а наружная из высокопрочного чугуна с шаровидной и вермикулярной формой графита.

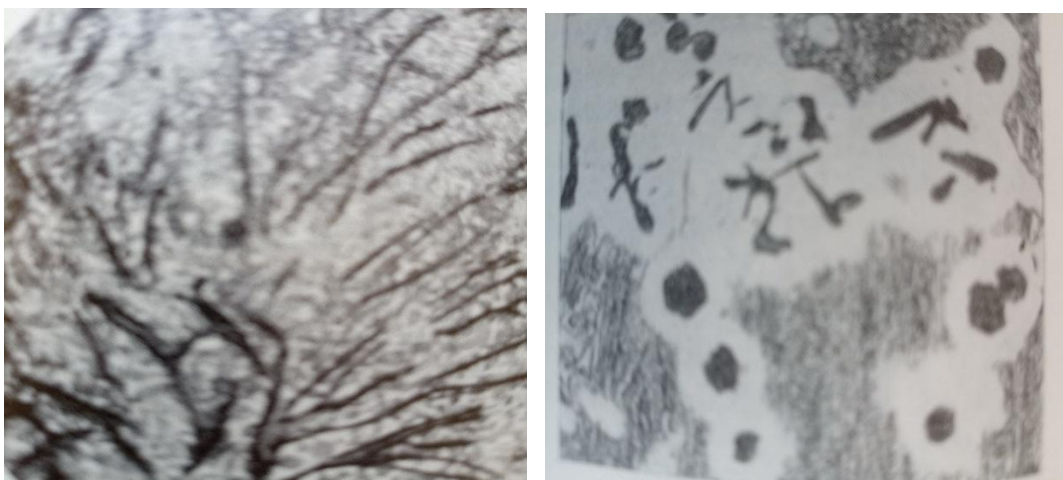
В дизелях небольшой и средней размерности цилиндрические втулки выполнены в виде так называемой тонкостенной конструкции. В такой ситуации наиболее экономичной является конструкция цилиндрической втулки, у которой верхняя треть по длине представляет собой двухслойную конструкцию, а нижняя часть – обычная однослойная из чугуна «таркаллой». Обе части втулки скреплены между собой и механически обработаны как единое целое [4, 5].

Японская металлургическая корпорация «Мицуи» создала такую втулку. Таркаллой придает ей высокую износостойкость за счет перлитной матрицы, а высокопрочный чугун с шаровидной и вермикулярной формой графита – высокую механическую прочность. Ценное свойство чугуна с шаровидной формой графита – это его высокая квазиизотропия, а специфическая особенность – малая развитость поверхностей графитовых включений и большая их изолированность, что делает его более коррозионностойким и окалиностойким. На рисунке показана микроструктура такой втулки.

Проведенные испытания втулки этого типа показали высокие значения прочности на растяжение:

- 50 кгс/мм<sup>2</sup> – для внешнего слоя (чугун с шаровидным и вермикулярным графитом);
- 28 кгс/мм<sup>2</sup> – для переходной зоны;
- 21 кгс/мм<sup>2</sup> – для внутреннего слоя из таркаллой.

Поскольку двухслойные ВЦ могут быть изготовлены только на очень сложном литейном оборудовании и при самом тщательном контроле, их цена достаточно высока. Поэтому в настоящее время изучаются пути ее снижения, так как результаты эксплуатационных испытаний представляются вполне приемлемыми [6].



*а* *б*  
Микроструктура материала двухслойной втулки цилиндра двигателя K74EF:  
*а* – внутренний слой (таркаллой);  
*б* – внешний слой (чугун с шаровидным и вермикулярным графитом)

Резюмируя изложенное, можно уверенно прогнозировать, что с ростом степени форсировки дизелей механические характеристики чугунов будут увеличиваться за счет изменения химического состава материалов путем введения легирующих элементов и использования современного металлургического оборудования для получения качественных заготовок.

### Литература

1. Белов О.А. Оценка безопасности эксплуатации судовых энергетических установок // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2017. – № 42. – С. 6–10.
2. Ланда А.Ф. Основы получения чугуна повышенного качества. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во машиностроительной лит-ры, 1960. – 237 с.
3. Гиршович Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. – М.: Машиностроение, 1966. – 450 с.
4. Асташкевич Б.М., Ларин Т.В. Детали цилиндропоршневой группы // Трение, изнашивание и смазка. Т. 2. – М.: Машиностроение, 1979. – 385 с.
5. Белов О.А. Аналитический обзор факторов эффективной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. В 2-х ч. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 5–9.
6. Бунич К.П., Малиночка Я.Н., Таран Ю.Н. Основы металлографии чугуна. – М.: Металлургия, 1969. – 415 с.

УДК: 539.3/6:629.5

**Д.С. Тряпицина, А.В. Костенко**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: andr13kost@list.ru*

### **К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВОГО ВАЛОПРОВОДА**

В работе обоснована и приведена блок-схема экспериментальной установки для исследования динамических характеристик судового валопровода, показана схема теоретических исследований. Показана актуальность разработки интеллектуальной системы контроля динамических характеристик судового валопровода.

**Ключевые слова:** валопровод судовой, экспериментальная установка, испытания, блок-схема, исследование, динамические характеристики.

**D.S. Tryapitsina, A.V. Kostenko**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: andr13kost@list.ru*

### **ON THE ISSUE OF CREATING AN EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR STUDYING THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF A SHIP SHAFT LINE**

A block diagram of a experimental installation for studying the dynamic characteristics of a ship shaft line was presented. A diagram of theoretical researches was shown. The relevance to develop an intelligent system for monitoring the dynamic characteristics of a ship shaft line was proved.

**Key words:** ship shaft line, experimental installation, tests, block diagram, researches, dynamic characteristics.

Валопровод является одним из ответственных узлов судна, подвергающегося воздействиям крутильных колебаний, в том числе резонансных явлений. Проведенные исследования путем моделирования работы валопровода [1, 2] показали необходимость дальнейших исследований в этой области – как теоретических, так и экспериментальных.

Одним из результатов таких исследований является разработка интеллектуальной системы контроля динамических характеристик валопровода, которую возможно будет использовать для балансировки валов в условиях судоремонтных заводов [3].

Цель статьи – разработка структурной схемы экспериментальной установки по исследованию динамических характеристик судового валопровода.

Математическая модель валопровода, как и прочие математические модели технических объектов, составляются с принятием некоторых допущений, не искажающих представление об объекте, но позволяющих обрабатывать данные и получать достоверную информацию о поведении объекта и его свойствах.

Поэтому проведение эксперимента является важнейшей частью исследований, позволяющих получать информацию о поведении объекта, анализировать ее и в конечном итоге подтверждать адекватность разработанной математической модели, которая в дальнейшем будет использована для реализации интеллектуальной системы контроля динамических характеристик валопровода.



На рис. 1 показана расчетная схема валопровода.

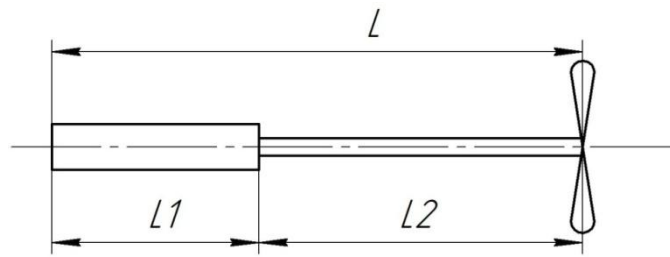


Рис. 1. Расчетная схема валопровода

Как видно из рис. 1, за основу для создания математической модели валопровода взят стержень с двумя участками, каждый из которых характеризуется жесткостью и моментом инерции. Параметры участков вала определяются по характеристикам дизельного двигателя, промежуточных и гребного валов, а также винта с учетом присоединенной воды.

Для определения параметров системы экспериментально необходимо спроектировать экспериментальную установку, содержащую собственно модель валопровода, измерительную часть и оборудование для накопления, обработки и представления результатов исследований. На рис. 2 приведена блок-схема экспериментальной установки.



Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки

Согласно разработанной схеме, представленной на рис. 2, информация от валопровода (реального или уменьшенной модели) снимается при помощи соответствующих датчиков, после чего информация преобразуется в сигнал, удобный для обработки данных в аналого-цифровом преобразователе (АЦП). Далее при помощи специального программного обеспечения выполняется обработка информации и отображение информации. Конструктивно блок обработки данных и отображение информации выполняются на базе ЭВМ, например ноутбука.

В качестве информации, отображающей результаты экспериментального исследования, могут быть:

- график изменения крутящего момента по сечениям валопровода;
- график изменения углов поворота сечений валопровода.

Анализ информации, полученной в результате проведения эксперимента, позволяет решить задачу подтверждения адекватности математической модели валопровода и в дальнейшем определять оптимальные конструктивные параметры и режимы эксплуатации валопровода и судовых энергетических установок. Причем получение адекватной математической модели валопровода позволит выполнять задачу поиска параметров и режимов путем моделирования, что сокращает время исследований и затраты.

На рис. 3 приведена схема теоретических исследований.



Рис. 3. Схема теоретических исследований

В руководстве [4] Российского Речного Регистра указаны требования к оформлению и порядку представления материалов по расчету и измерению крутильных колебаний, а также к условиям проведения испытаний с целью определения параметров крутильных колебаний (амплитуд колебаний, напряжений, моментов, в отдельных случаях – температуры).

Создание интеллектуальной системы контроля динамических характеристик валопровода позволит проводить испытания в условиях судоремонтного производства, что является актуальным для Камчатского края, в котором на федеральном уровне предусмотрено развитие судоремонтного кластера [5].

Обеспечение контроля динамических характеристик валопровода является важной задачей, решение которой позволит повысить качество судоремонтных работ в условиях Камчатского края, способствовать проведению научных исследований в этой области и возрождению судоремонта и судостроения на Камчатке.

### Литература

1. Царенко С.Н., Молчан А.А., Мхоян А.А. Динамика валопровода гребного винта при линейном режиме разгона // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Четвертой междунар. науч.-техн. конф. (25–26 ноября 2021 г.) / Отв. за вып. О.А. Белов. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 122–126.
2. Царенко С.Н., Улитин Г.М., Труднев С.Ю. Динамика валопровода гребного винта при импульсном воздействии // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2022. – Т. 14, № 5. – С. 748–758.
3. Пожидаева Л.А., Солодилов И.А., Костенко А.В. К вопросу о создании интеллектуальной системы контроля динамических характеристик судового валопровода // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы XIV Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (21–22 марта 2022 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2023. – С. 83–86.
4. Руководство Р.009-2004. Расчет и измерение крутильных колебаний валопроводов и агрегатов [Электронный ресурс]. – URL: <http://gost.gtsever.ru/Index2/1/4293750/4293750153.htm>.
5. Возрождение судоремонта и судостроения на Камчатке ведётся по поручению Президента РФ [Электронный ресурс]. – URL: <https://kamgov.ru/news/vozrozhdenie-sudoremonta-i-sudostroenia-na-kamcatke-vedetsa-po-poruceniu-prezidenta-rf-60813>.

УДК 637.513.4

**С.Н. Царенко, Е.А. Голованев**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: tzarenko@rambler.ru*

### **РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ЭЛЕМЕНТАХ УЗЛА НОЖЕВОГО ВАЛА КУТТЕРА**

В статье обоснована актуальность разработки системы поточного мониторинга состояния привода ножей куттера. Для определения динамических нагрузок в приводе ножа разработана модель лабораторного стенда. Получены теоретические значения жесткостей опор и массо-центровые характеристики подвижного узла стенда, что позволит установить безопасные режимы его работы.

**Ключевые слова:** куттер, нож куттера, динамические нагрузки, лабораторный стенд, колебания упругих систем.

**S.N. Tsarenko, E.A. Golovanev**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: tzarenko@rambler.ru*

### **A STAND DEVELOPMENT FOR DETERMINING DYNAMIC LOADS IN THE ELEMENTS OF THE CUTTER KNIFE SHAFT ASSEMBLY**

The relevance of developing a system for in-line monitoring of the state of the cutter knife drive is substantiated in the article. A laboratory stand model to determine dynamic loads in the knife drive has been developed. The theoretical rigidity values of the supports and the mass-center characteristics of the movable unit of the stand have been obtained. This will allow to establish safe modes of its operation.

**Key words:** cutter, cutter knife, dynamic loads, laboratory stand, vibrations of elastic systems.

В процессе производства колбасной продукции значительную роль играют машины для измельчения сырья. Для тонкого измельчения мясного мягкого сырья и превращения его в однородную гомогенную массу используют куттеры. Мясо в куттерах измельчается при помощи быстровращающихся ножей, устанавливаемых комплексно на одном, двух или четырех валах, причем одиночные ножи погружаются в продукцию, предварительно поданную в резервуар (чашу, барабан, желоб и др.). Измельчаемое сырье подается под ножи вращением чаши, барабана или шнека (в желобчатых машинах), а загружают его в машину вручную из напольных тележек, по спуску при помощи подвесных ковшей подъемно-опрокидывающих механизмов и другими способами.

Узел ножевого вала куттера подвергается наибольшим нагрузкам преимущественно динамического характера. Для обеспечения бесперебойной и качественной работы машины необходим постоянный мониторинг за состоянием оборудования, как непосредственно ножей, так и привода в целом. На производстве, как правило, состояние оборудования может отследить опытный технолог по качеству продукции, изменению уровня шума и т. п. Однако в условиях дефицита кадров, что характерно для Камчатского края, актуальной является система автоматизированного мониторинга. В литературе рассматриваются различные методы автоматизированного отслеживания состояния рабочих органов машины. В статье [1] диагностирование состояния привода машин для измельчения сырья предлагается проводить косвенным образом – за счет контроля температуры и силы тока на двигателе привода. Организация вибрационного контроля за состоянием подшипникового узла ножевого вала куттера рассмотрена в работах [2, 3].

Для выбора наиболее оптимальных средств мониторинга состояния привода ножей было принято решение о разработке лабораторного стенда для исследования динамических нагрузок, возникающих в процессе измельчения сырья. При этом важно определить не только сами усилия, которые возникают на опорах или валу, но и понять их специфику, природу происхождения, в чем различие сил: вызванных дисбалансом масс, затуплением кромки ножа, износом подшипникового узла и т. д.

На рис. 1 представлены основные элементы стенда для исследования динамических усилий в приводе ножевого вала куттера, на рисунке не показаны чаша с измельчаемым продуктом и защитный кожух.

При проектировании стенда крайне важно определить весь частотный диапазон собственных колебаний установки. С одной стороны это позволит подобрать наиболее эффективный режим его работы, с другой стороны избежать негативных явлений, вызванных нежелательным резонансом оборудования.

Полный частотный диапазон будет состоять как из собственных частот колебаний отдельных элементов оборудования, так и узлов в целом. На данном этапе ограничимся определением исходных данных для расчета частот колебаний вала за счет упругой податливости опор.

Расчетная схема стенда представлена на рис. 2, здесь  $c_{kz}$  ( $c_{ky}$ ),  $k = 1, 2$  – жесткость опор в вертикальном и горизонтальном направлениях соответственно;  $m_m$ ,  $I_{ym}$ ,  $x_m$  – масса, осевой момент инерции и координата центра масс муфты крепления ножей;  $m_n$ ,  $I_{yn}$ ,  $x_n$  – масса, осевой момент инерции и координата центра масс пары ножей;  $m_b$ ,  $I_{yb}$ ,  $x_b$  – масса, осевой момент инерции и координата центра масс вала;  $m_{ш}$ ,  $I_{уш}$ ,  $x_{ш}$  – масса, осевой момент инерции и координата центра масс приводного шкива.

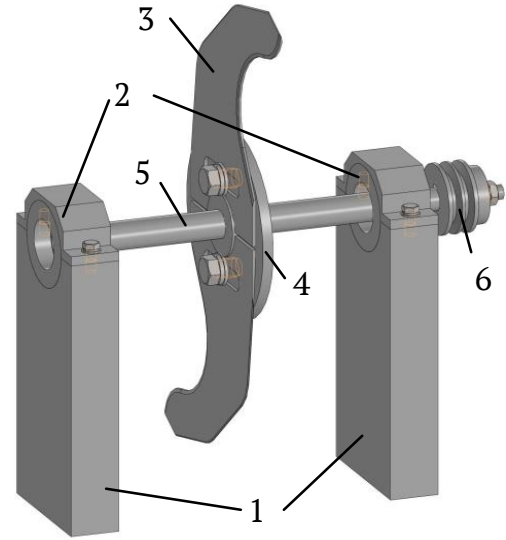


Рис. 1. Модель стенда для исследования динамических усилий в приводе ножевого вала куттера: 1 – стойки; 2 – подшипниковые узлы с датчиками давления; 3 – ножи куттера; 4 – фланец крепления ножей; 5 – ножевой вал; 6 – приводной шкив

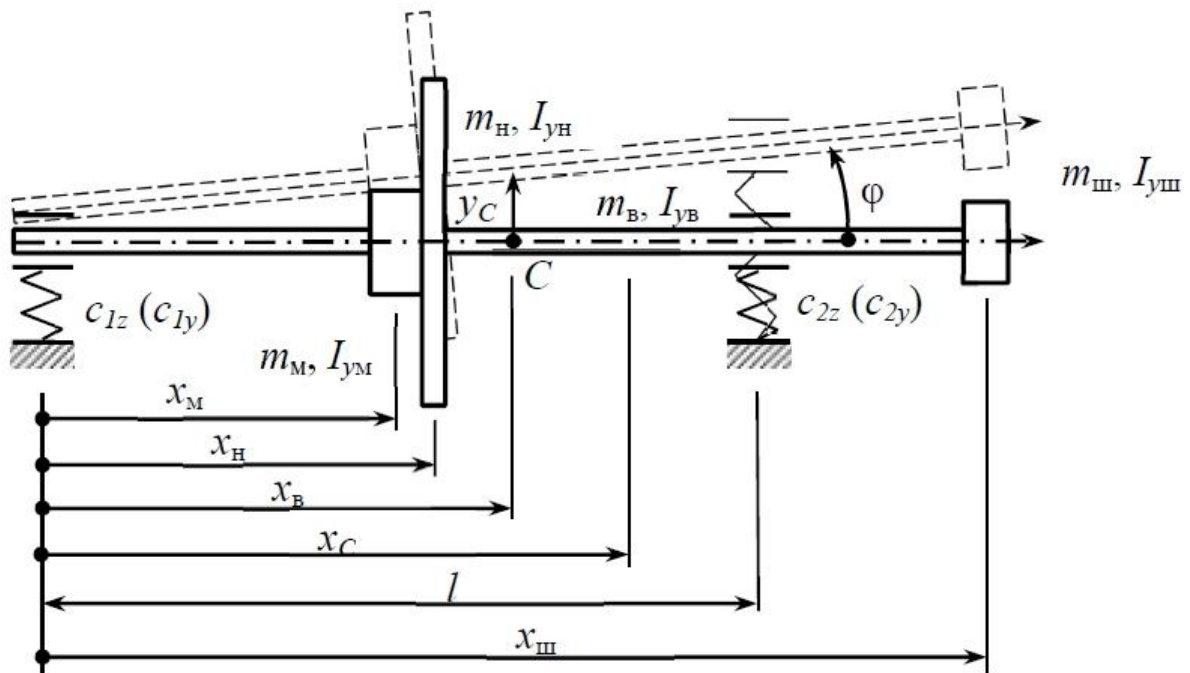


Рис. 2. Расчетная схема лабораторного стенда определения динамических усилий на приводе ножей куттера

Теоретическое значение жесткости в вертикальном направлении определим как величину обратную податливости ( $\delta_{kz}$ ) подшипникового узла и стойки

$$\delta_{kz} = \frac{1}{K_{xx}} + \frac{h}{EF}, \quad (1)$$

где  $K_{xx}$  – жесткость подшипника, осредненная жесткость шарикоподшипника –  $K_{xx} = (0,138 - 0,125) \cdot 10^9$ , Н/м [4];  $h$  – высота стойки,  $h = 290$  мм;  $F$  – площадь сечения стойки,  $F = 66,7$  см<sup>2</sup>;  $E$  – модуль упругости, для стали  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа. Из зависимости (1) получим

$$c_{kz} = \frac{1}{\delta_{kz}} = \frac{K_{xx}EF}{EF + K_{xx}h} = \frac{0,138 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 66,7 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{11} \cdot 66,7 \cdot 10^{-4} + 0,138 \cdot 10^9 \cdot 0,29} = 1,34 \cdot 10^9 \text{ Н/м.}$$

Жесткость опоры в горизонтальном направлении определим, исходя из суммы сдвиговой и изгибной податливости стойки, при этом податливостью подшипников можно пренебречь

$$c_{ky} = \frac{EFJ_x}{h^3F + aJ_x} = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 66,7 \cdot 10^{-4} \cdot 1120 \cdot 10^{-8}}{0,29^3 \cdot 66,7 \cdot 10^{-4} + 0,142 \cdot 1120 \cdot 10^{-8}} = 9,08 \cdot 10^7 \text{ Н/м,}$$

где  $a$  – ширина стойки,  $a = 142$  мм;  $J_x$  – момент инерции площади поперечного сечения стойки  $J_x = 1120$  см<sup>4</sup>.

Теоретические значения массы вращающегося узла, положения центра масс и моментов инерции определим программным методом с использованием 3D-модели узла (рис. 3). Таким образом, были получены следующие результаты:

- масса  $M = 7,16$  кг;
- координаты центра масс в системе отсчета относительно левого торца вала:  $x_C = 205$  мм;  $y_C = 0$ ;  $z_C = 0,078$  мм;
- центральные осевые моменты инерции:  $I_{xC} = 0,0462$  кг · м<sup>2</sup>;  $I_{yC} = 0,104$  кг · м<sup>2</sup>;  $I_{zC} = 0,0784$  кг · м<sup>2</sup>;
- центробежные моменты инерции:  $I_{xyC} = 0$  кг · м<sup>2</sup>;  $I_{xzC} = 0,000021$  кг · м<sup>2</sup>;  $I_{zyC} = -0,00459$  кг · м<sup>2</sup>;
- главные центральные моменты инерции:  $I_1 = 0,105$  кг · м<sup>2</sup>;  $I_2 = 0,0776$  кг · м<sup>2</sup>;  $I_3 = 0,0462$  кг · м<sup>2</sup>.

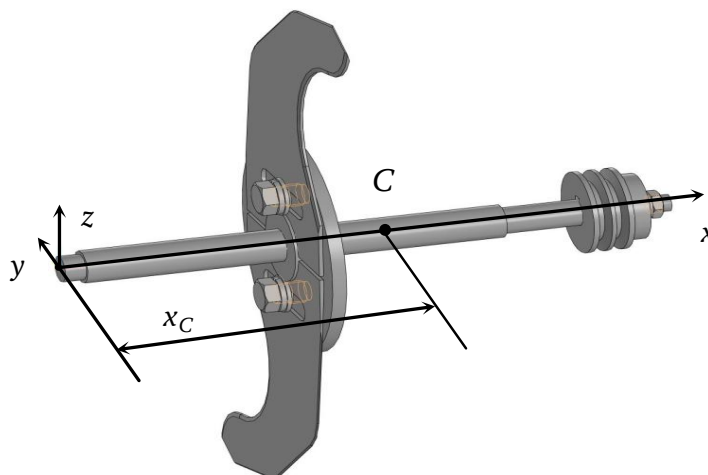


Рис. 3. 3-d модель для определения массо-центровых характеристик вала в сборе

Теоретические значения жесткостей опор, а также массо-центровые характеристики вращающегося узла стэнда, представленные в статье, являются исходными данными для нахождения частотного диапазона собственных колебаний вала на упругих опорах. Дальнейший алгоритм расчета предполагается выполнить по методике, рассмотренной в работе [5]. Кроме того,

ввиду высокой жесткости опор также необходимо выполнить расчет изгибных колебаний вала, как упругого стержня. Данные расчеты позволят установить безопасные режимы работы станда. Также следует отметить, что после изготовления деталей станда «в металле» необходимо уточнить параметры модели.

### Литература

1. Чижикова Т.В., Дальская Т.А., Маркус Л.И. Диагностика надежности оборудования мясной промышленности // Известия вузов. Пищевая технология. – 1995. – № 1-2. – С. 100–103.
2. Диагностика подшипникового узла ножевого вала куттера по низкочастотной вибрации / С.Т. Антипов, А.Н. Рязанов, А.В. Шаров, В.В. Корзин // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2015. – № 1. – С. 7–11.
3. Исследование состояния рабочих органов измельчающих машин на основании анализа вибраций [Электронный ресурс] / С.Т. Антипов, А.Н. Рязанов, В.Ю. Овсянников, А.В. Шаров // Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 4. – С. 27–30. DOI: 10.20914/2310-1202-2016-4-27-30.
4. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. В.Р. Челомей. – 1980. – Т. 3. – С. 544.
5. Царенко С.Н., Игнаткина Е.Л., Костенко А.В. Определение динамических усилий в подвесах пути шахтной подвесной монорельсовой дороги [Электронный ресурс] // Известия вузов. Горный журнал. – 2021. – № 5. – С. 99–108. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-5-99-108.

УДК 620.19:629.5.023

**Д.П. Ястребов, В.А. Швецов, Ю.В. Крутень, П.Г. Калин**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: restart1101@mail.ru*

### **К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ СРАВНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОТЕКТОРНОЙ ЗАЩИТЫ МОРСКИХ СУДОВ И КОРАБЛЕЙ**

Согласно нормативным документам экипажи морских судов должны контролировать работоспособность систем коррозионной защиты судов от коррозии с помощью хлорсеребряного электрода сравнения (ХСЭ). Остро стоит вопрос обеспечения достоверности и точности результатов контроля коррозионной защиты судов. Поэтому необходимо использовать эффективные и надежные в работе ХСЭ. Существующие зачастую неудобны в эксплуатации или не предназначены для морских условий, и поэтому экипажи судов не могут эффективно осуществлять контроль своих судовых систем защиты от коррозии. Поэтому главное направление при оценке эффективности коррозионной защиты морских судов – это развитие технических устройств измерения, а именно электродов сравнения. В статье выполнен анализ результатов исследований в области разработки и испытаний усовершенствованных ХСЭ. В работе выделяются наиболее перспективные ХСЭ с последующими рекомендациями их использования для контроля коррозионной защиты морских судов и кораблей.

**Ключевые слова:** коррозионная защита, измерение потенциала, эффективность работы защиты от коррозии, хлорсеребряный электрод сравнения, протекторная защита, поляризационный потенциал.

**D.P. Yastrebov, V.A. Shvetsov, Yu.V. Kruten, P.G. Kalin**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: restart1101@mail.ru*

### **ON THE ISSUE OF STANDARD COMPARISON ELECTRODES DEVELOPMENT AND PROSPECTS FOR THEIR USE TO CONTROL TREAD PROTECTION OF MARINE VESSELS AND SHIPS**

According to regulatory documents, crews of sea vessels must monitor the performance of ships' corrosion protection systems against corrosion using a silver chloride reference electrode (SRE). There is an urgent issue of ensuring the reliability and accuracy of the results of monitoring the corrosion protection of ships. Therefore, it is necessary to use efficient and reliable SRE. The existing ones are often inconvenient to operate or are not designed for marine conditions and therefore ship crews cannot effectively monitor their ship's corrosion protection systems. Therefore, the main direction in assessing the effectiveness of corrosion protection of sea vessels is the development of technical measuring devices, namely reference electrodes. The article analyzes the results of research in the field of development and testing of improved SRE. The work highlights the most promising SRE with subsequent recommendations for their use to monitor the corrosion protection of sea vessels and ships.

**Key words:** corrosion protection, potential measurement, corrosion protection performance efficiency, silver chloride reference electrode, tread protection, polarization potential.

Проблема коррозионной защиты является главной на флоте, т. к. интенсивные ее процессы приводят к ухудшению технического состояния и эксплуатационных характеристик, что влечет экономические потери и снижение безопасности мореплавания. В 2022 г. потери от разрушения металлических материалов под действием коррозии составили 4% от общего ВВП страны, поэтому данная проблема является приоритетной государственной задачей. Основная причина этого – отсутствие эффективных и доступных технических средств контроля. Поэтому главным направлением при оценке эффективности коррозионной защиты морских судов является развитие

технических устройств измерения, а именно электродов сравнения. В процессе эксплуатации кораблей и рыбопромысловых судов необходимо осуществление постоянной борьбы с коррозией стальных корпусов. При этом члены экипажа не в состоянии эффективно выполнять контроль работы систем антикоррозионной защиты в соответствии с методами из-за несовершенства существующих устройств.

Подготовленный оператор может осуществлять действительно качественные измерения с минимальной погрешностью при наличии простых и надежных технических средств, таких как хлорсеребряные электроды сравнения (ХСЭ). Выполнение контрольных измерений защитного потенциала судна электриком (наиболее квалифицированным в данной области членом экипажа) без специальной подготовки и удобных электродов сравнения может привести к снижению точности измерений.

Однако в случае использования предложений в области разработки и испытаний усовершенствованных электродов сравнения (ХСЭ) отечественных авторов может быть установлена возможность выполнения измерений антикоррозионной защиты судна любым членом экипажа (независимо от его специальной подготовки и/или квалификации) с повышенной эффективностью. При этом результаты измерений будут иметь хорошие метрологические характеристики. Поэтому целесообразно рассмотреть данный вопрос.

Рассмотрим основные результаты исследований в области разработки и испытаний усовершенствованных хлорсеребряных электродов сравнения (ХСЭ).

Известны разработки, патенты на изобретения и полезные модели [1–6], направленные на совершенствование ХСЭ. Например, Е.С. Покровский и А.А. Бачаев предлагают конструкцию электрода сравнения длительного действия (рис. 1) [1].

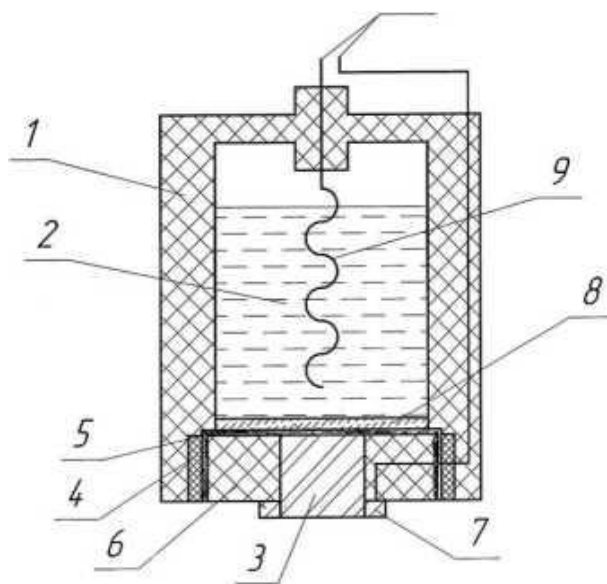


Рис. 1. Электрод сравнения длительного действия:

1 – диэлектрический корпус; 2, 8 – электролит; 3 – диафрагма; 4, 6 – кольца;  
5 – ионообменная мембрана; 7 – датчик потенциала; 9 – стержень (электрод); 10 – проводники

Этот электрод предназначен для измерения величины отклонения защитного потенциала на защищаемых катодным способом трубопроводах. Однако данный электрод не используют на морских судах.

А.Н. Улихин, Д.С. Сирота, Д.Н. Запелов и др. предлагают усовершенствовать стандартные электроды сравнения (ХСЭ). Во всех этих работах прослеживается общий принцип – необходимо взять стандартный хлорсеребряный электрод сравнения и поместить его в диэлектрическую емкость (корпус), содержащую электролит.

Все предлагаемые варианты ХСЭ повышают точность контрольных измерений, но сложны в изготовлении и недостаточно прочны. Поэтому эти устройства не используют на морских судах. Конструкции усовершенствованных ХСЭ приведены на рис. 2–4.



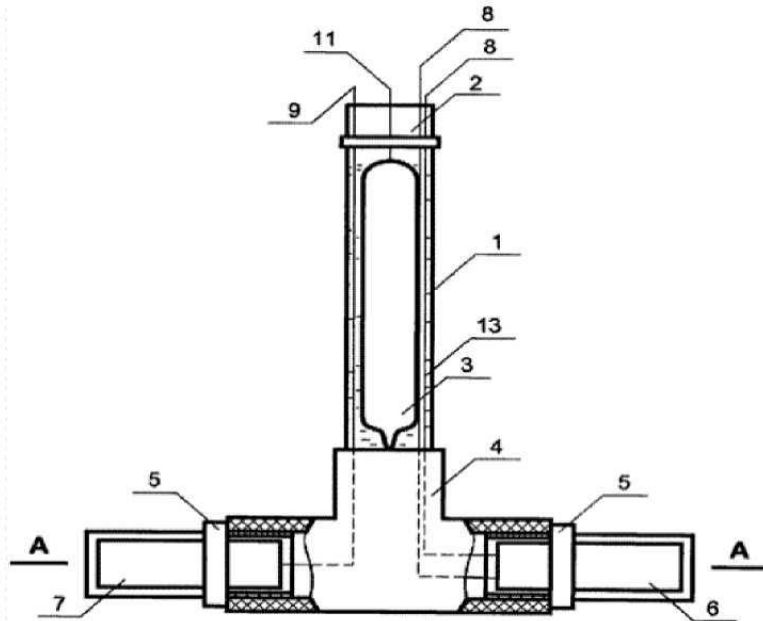


Рис. 2. Схема электрода для оценки работы защиты от коррозии металлических трубопроводов и подземных металлических сооружений по смещению от естественного потенциала

Устройство электрода для оценки работы защиты от коррозии металлических трубопроводов и подземных металлических сооружений по смещению от естественного потенциала, представленное на рис. 2, включает в себя: корпус основного тела электрода 1, разъем 2, рабочее тело электрода 3, тритавр 4, корпуса сенсоров 5 со встроенными датчиками потенциала 6-7, соединительные кабели 8 и 9, герметик 10, изолированный кабель 11, капиллярные отверстия 12, раствор 13 [2].

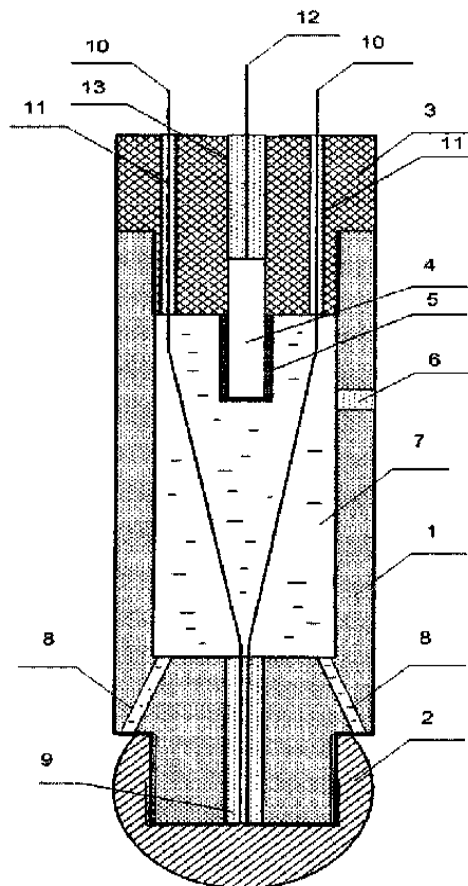


Рис. 3. Схема улучшенного ХСЭ

Изображенный на рис. 3 электрод сравнения [3] включает детали различного назначения: от корпуса 1; сенсор потенциала 2; винтовой набалдашник 3, рабочее тело (хлорсеребряный стержень) 4 и керамическая коронки 5. Данный электрод [3] также включает в свою конструкцию: электрические кабели 10, отверстия в резьбовой пробке 11, электрический провод 12 и сквозные отверстия 13 в резьбовой пробке. Кроме того, особенностью этого электрода [3] является наличие бокового отверстия 6 с капиллярными отверстиями 8, проходящими через него, а также центрального отверстия 9 в нижней части корпуса.

Корпус 1 данного электрода сравнения [3] создан из диэлектрического материала, верхняя часть корпуса содержит резьбовую пробку 3, на внутренней поверхности которой укреплен хлорсеребряный стержень 4, покрытый пористой керамической коронкой 5. «Чтобы гарантировать стабильность и точность измерения поляризационного потенциала, на поверхность серебряного стержня 4 электрохимическим способом нанесена нерастворимая соль  $\text{AgCl}$ » [3]. Для того чтобы увеличить время эксплуатации данного электрода сравнения используют смесь агар-агара 7 и помещают в капиллярные отверстия. Керамическая коронка 5 в устройстве электрода сравнения служит для защиты от осыпания нерастворимой соли  $\text{AgCl}$  со стержня 4 [3]. Данное устройство не предназначено для использования в морской воде.

На рис. 4 представлен электрод сравнения [4], включающий в себя различные элементы, такие как корпус 1, определитель потенциала 2, резьбовая пробка 3, хлорсеребряный стержень 4, пористая керамическая коронка 5, боковое отверстие 6, электролит 7, сквозные капиллярные отверстия 8, центральное отверстие 9, находящейся в дне корпуса 1, кабель 10, отверстия в резьбовой пробке 11, кабель 12, сквозное отверстие 13 в резьбовой пробке и изоляционный материал 14 [4].

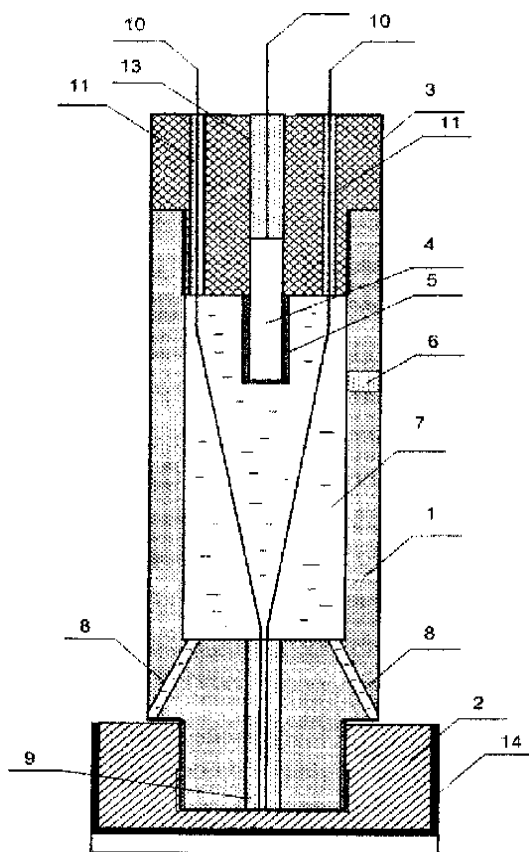


Рис. 4. Усовершенствованный ХСЭ

Данный электрод сравнения (ХСЭ) является улучшенной версией [3], причем отличается новым корпусом электрода сравнения 1, который выполнен из диэлектрика [4]. Сконструирован новый вид стержня 4, выполненный из хлорида серебра с коронкой керамической пористого типа 5. Сам датчик потенциала 2 выполнен из нового материала стали с изоляционным материалом 14. Кабели 10 проходят в нижней части нового корпуса через специальное отверстие 9, отверстия 8 являются капиллярными. Датчик потенциала 11 размещен через структуру на корпусе.

Боковое отверстие 6 в боковой стенке ящика служит для заливки внутрь ящика электролита 7. Это вещество представляет из себя раствор калий-хлора, который загущается смесью агар-агара. Кроме того, покрытие пористой керамической коронкой 5 предотвращает рассыпание соли  $\text{AgCl}$  со стержня 4 [4]. Предлагаемое устройство не предназначено для использования в морской воде.

Недостатки ХСЭ привели к тому, что нефтегазовая отрасль (ЗАО «Катод») разработала ряд биметаллических электродов сравнения длительного действия. ЗАО «Катод» организовало серийное производство этих электродов и внедрение их на газопроводах. Однако следует отметить, что стоимость этого электрода достаточно высока.

Представляет практический интерес изготовление электродов сравнения из нержавеющей стали. Такие электроды могут быть изготовлены на любом судне. Однако это предположение требует экспериментальной проверки. Необходимо выполнить натурные испытания электродов сравнения, изготовленных из нержавеющей стали.

В КамчатГТУ функционирует научная школа, занимающаяся вопросами оценки эффективности коррозионной защиты морского судна. Она объединяет курсантов, студентов, аспирантов и преподавателей КамчатГТУ. За время работы школы выполнен большой объем научных исследований, результаты которых опубликованы в работах.

Предлагается использовать устройство для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов (ДВ-2) [5]. Инновационный результат достигается благодаря применению специального электрода из углеродосодержащего материала в устройстве для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов, где этот электрод находится в контакте с морской водой. Конструкция устройства приведена на рис. 5. Эксплуатация устройства приведена в работе [5].

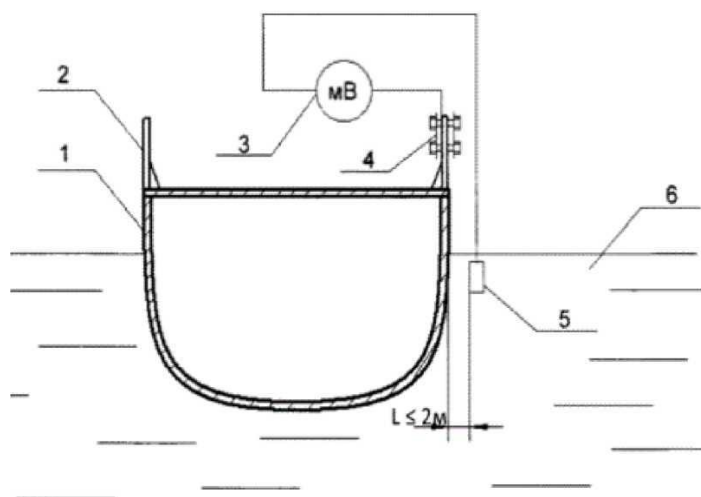


Рис. 5. Устройство для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов (ДВ-3):

1 – корпус судна; 2 – фальшборт судна; 3 – милливольтметр;  
4 – прижимной контакт; 5 – токопроводящий электрод; 6 – морская вода

Улучшенный тип этого устройства (ДВ-3) приведен в работе [6]. Путем улучшения точности оценки эффективности работы судовых коррозионных защитных систем и достигается снижение необходимости использования большего количества технических средств. Устройство [6] для контроля этих систем включает в себя переносной электроизмерительный прибор и два переносных электрода, разделенных электроизоляционной прокладкой.

Внедрение электродов сравнения ДВ-2 и ДВ-3 на судах рыбопромыслового флота Камчатского края показало, что экипажи судов необходимо снабдить этими электродами. Таким образом, из анализа ранее выполненных исследований [7–13] в области разработки и внедрения усовершенствованных электродов сравнения, в частности ХСЭ, вытекает необходимость исследования нестандартных электродов сравнения. В качестве объекта исследования можно рассмотреть медный электрод сравнения.

### Литература

1. Электрод сравнения длительного действия: Патент №. 1601199 СССР, МКИ С 01 F 13/00. № 4635797; заявл. 12.01.1989; опубл. 23.10.1990 / Сурис М.А., Кузнецова Е.Г., Левин В.М. и др.
2. Устройство для оценки защищенности от коррозии по величине смещения от естественного потенциала: Патент № 2471171 С1 РФ, МПК G01N 17/02. № 2011121761/28: заявл. 31.05.2011; опубл. 27.12.2012 / Д.С. Сирота, А.Н. Улихин, Н.К. Шамшетдинова.
3. Электрод сравнения: Патент на полезную модель № 78319 U1 РФ, МПК G01N 17/02. № 2008128623/22: заявл. 14.07.2008; опубл. 20.11.2008 / А.Н. Улихин, Д.С. Сирота, Д.Н. Запева-лов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий-ВНИИГАЗ» (ООО «ВНИИГАЗ»).
4. Электрод сравнения: Патент на полезную модель № 78317 U1 РФ, МПК G01N 17/02. № 2008128626/22: заявл. 14.07.2008; опубл. 20.11.2008 / А.Н. Улихин, Д.С. Сирота, Д.Н. Запева-лов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий-ВНИИГАЗ»(ООО «ВНИИГАЗ»).
5. Устройство для измерения защитного потенциала стальных корпусов кораблей и судов: Патент № 153280 МКИ G 01 N 17/02. № 2014142289; заявл. 20.10.2014; опубл. 07.10.2015 / В.А. Швецов, П.А. Белозеров, Д.В. Шунькин и др.
6. Обоснование возможности исключения внешнего осмотра систем протекторной защиты стальных корпусов судов / В.А. Швецов, О.А. Белов, О.А. Белавина, Д.П. Ястребов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2017. – Вып. 1. – С. 29–38.
7. О выборе электродов для контроля систем протекторной защиты стальных судов и кораблей / Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, О.А. Белавина // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2019. – Вып. 4. – С. 39–45.
8. О целесообразности использования хлорсеребряных электродов для контроля систем протекторной защиты стального корпуса судна / Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, А.П. Ушакевич, Г.В. Кузнецов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 121–124.
9. К вопросу использования цинковых электродов для контроля протекторной защиты судов и кораблей / Д.П. Ястребов, Д.В. Шунькин, А.О. Рогожников, Г.В. Кузнецов // Вестник Астраханского государственного технического университета. – Астрахань, 2021. – Вып. 2. – С. 16–23.
10. К вопросу использования стальных пластин для контроля протекторной защиты корпусов судов и кораблей / Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, О.А. Белавина, С.А. Зайцев // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 125–129.
11. К вопросу использования электродов из судокорпусной стали для контроля защищенности от коррозии корпусов судов и кораблей / Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, Б.В. Тарабанов, С.А. Зайцев // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2020. – С. 15–21.
12. К вопросу использования алюминиевых электродов для контроля защищенности от коррозии стальных корпусов судов и кораблей / Д.П. Ястребов, О.А. Белов, В.А. Швецов, А.П. Ушакевич, Г.В. Кузнецов, Б.В. Тарабанов // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2021. – Вып. 3. – С. 23–32.
13. Ястребов Д.П. К вопросу использования медных электродов для контроля защищенности от коррозии стальных корпусов судов и кораблей // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2021. – Вып. 4. – С. 43–51.

## СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК [908:629.5.062](571.66)

**С.В. Гаврилов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: kletn@yandex.ru*

### НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА В СЕРЕДИНЕ XX В.

В статье на примере Камчатско-Чукотского государственного морского пароходства (КЧГМП) показаны основные направления совершенствования главных энергетических установок (ЭУ) морских судов в середине XX в.

**Ключевые слова:** судовая энергетическая установка, техническая эксплуатация, судоремонт, модернизация, эффективность, надежность.

**S.V. Gavrilov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: kletn@yandex.ru*

### SOME DIRECTIONS OF MARINE TRANSPORT VESSELS POWER INSTALLATIONS DEVELOPMENT IN KAMCHATKA REGION IN THE MIDDLE OF THE TWENTIETH CENTURY

Using the example of the Kamchatka-Chukotka State Shipping Company (KCHGMP), the main directions for improving the main power plants (PP) of sea vessels in the mid-twentieth century are shown.

**Key words:** ship power plant, technical operation, ship repair, modernization, efficiency, reliability.

В мае 1949 г. с базой в порту Петропавловск-Камчатский было организовано пароходство, тогда же началось формирование судового состава. Первыми в 1949 г. КЧГМП приняло во Владивостоке от Дальневосточного и Сахалинского морских пароходств суда с паровыми поршневыми ЭУ. В их число вошли пароходы «Якутск» и «Комсомолец» (10 мая), «Красное Знамя» (18 мая), «Александр Пушкин» (19 мая), «Хабаровск» (27 мая), «Шексна» (22 июня) и «Бухара» (11 октября). 8 февраля 1950 г. также во Владивостоке КЧГМП получило еще один пароход – «Лиза Чайкина».

Самым старым из полученных судов являлось «Красное Знамя», построенное в 1901 г. «Шексну» построили в 1918 г., «Александра Пушкина» – в 1933 г., «Бухару» – в 1935 г., «Лизу Чайкину» – в 1923 г. Относительно новым судном являлся «Якутск», спущенный на воду в 1944 г.

Значительную часть пополнения представляли пароходы, полученные СССР после победы во Второй мировой войне и последующего раздела трофейного немецкого флота между странами-победителями.

Некоторые характеристики названных пароходов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Судно	Длина, м,	Дедвейт, т	Грузоподъемность, т	Бункер, т
«Шексна»	79,6	3 530	2 840	487
«Якутск»	96,3	3 880	3 030	444
«Бухара»	100,5	3 200	2 590	353
«Красное Знамя»	98,1	3 900	3 400	567
«Александр Пушкин»	94,0	3 770	3 240	555
«Лиза Чайкина»	92,3	2 430	1 940	398
«Хабаровск»	78,7	3 477	2 630	626

В качестве топлива для их паровых котлов применялся уголь, сжигающийся в слое с ручным обслуживанием.

Грузовой пароход «Шексна» был снабжен классической машиной с номинальной мощностью 1 000 л. с., работавшей на насыщенном паре с частотой вращения 70–77 мин<sup>-1</sup>. Машина обслуживалась центральной, лубрикаторной и фитильной системами смазки. Сепаратор и система регенерации масла отсутствовали. Пар для машины вырабатывали два огнетрубных оборотных двухтопочных котла с поверхностью нагрева 196 м<sup>2</sup> и рабочим давлением пара 13,3 бар. Котлы работали на искусственной тяге с подогревом воздуха и с одноступенчатым подогревом воды до 90°C.

Грузовой пароход «Бухара» также имел машину тройного расширения, но уже работавшую на перегретом паре с давлением 14,5 бар и температурой 320°C. Построечная мощность машины составляла 1 160, эксплуатационная – 960 л. с. при частоте вращения 75–80 мин<sup>-1</sup>. Пар вырабатывали два огнетрубных оборотных двухтопочных котла с площадью поверхности нагрева 291,2 м<sup>2</sup>. Они были снабжены двухступенчатым подогревом питательной воды до 120°C, искусственным дутьем с повышением температуры воздушной смеси до 220°C.

Самый современный грузовой пароход «Якутск» имел комбинированную ЭУ системы Бауэр-Ваха с клапанной машиной с построечной 1 535 и эксплуатационной мощностью 1 360 л. с. при 90 мин<sup>-1</sup>, использовавшую перегретый до 350°C пар с давлением 16 бар. Отработавший в машине пар дополнительно расширялся в турбине. Машина обслуживалась центральной, лубрикаторной и фитильной системами смазки. Сепаратора масла не предусматривалось, но имелась система регенерации масла в виде отстойников с подогревом. Пар вырабатывали два огнетрубных оборотных трехтопочных котла с площадью поверхности нагрева 381,8 м<sup>2</sup>. Котлы имели искусственную тягу с подогревом воздуха и двухступенчатый подогреватель питательной воды [2, л. 100].

Нормы расхода условного топлива для ЭУ перечисленных судов (с низшей рабочей теплотой сгорания  $Q_n = 7\,000$  ккал/кг, то есть 29 330 кДж/кг) показаны в табл. 2.

Таблица 2

Судно	Расход условного топлива, кг				Скорость, узлы
	на час хода	на час стоянки	на 1 000 тонно-миль	на 1 000 ч стоянки	
«Красное Знамя»	968	234	54,37	77,17	7,00
«Александр Пушкин»	961	224	46,35	78,57	7,37
«Лиза Чайкина»	1 118	312	48,64	98,84	8,08

Оценим эффективный КПД паровых ЭУ. По данным табл. 2, часовой расход условного топлива ходу на единицу эксплуатационной мощности главной машины  $g_y$ , кг у. т./кВт·ч, составляет:

$$g_y = 1,36G_q / N_e, \quad (1)$$

где  $G_q$  – часовой расход топлива на ходу, кг/ч.

Для «Шексны»  $g_y = 1,646$ , для «Бухары» – 1,361, для «Якутска» – 1,118 кг у. т./кВт·ч.

Эффективный КПД ЭУ  $\eta_e$ , %, подсчитанный по формуле

$$\eta_e = 100 \cdot 3600 / (g_y Q_n), \quad (2)$$

составит, соответственно, для «Шексны»  $\eta_e = 7,46$ , для «Бухары» – 9,02, для «Якутска» – 10,97 %.

Как видно, повышение параметров пара на «Якутске» привело к увеличению эффективного КПД его ЭУ на 3,51% по сравнению с «Шексной», или на 32,5% в относительном исчислении.

Низкая экономичность паровых ЭУ усугублялась плохим качеством поставляемого на Камчатку угля и недостаточной квалификацией обслуживающего персонала. Назовем некоторые организационные меры, которыми пароходство пыталось уменьшить расход дефицитного топлива.

22 октября 1949 г. объявлены «Условия социалистического соревнования по профессиям плавсостава Морского флота». Претендовать на звание «лучшего кочегара» мог таковой, подерживающий пар «на марке», независимо от сорта угля, экономящий топливо, содержащий в чистоте поверхности котлов.

Итоги соревнования подводились ежемесячно. Фамилии победителей публиковались в газетах. Кочегары, являющиеся образцом подряд три месяца, помещались на судовые доски почета.

6 декабря 1950 г. в пароходстве объявлен приказ ММФ СССР «О внедрении метода инженера Ковалева на предприятиях и в организациях ММФ». Инженер Л.Ф. Ковалев, представитель Мытищенской фабрики, внедрил в производство рациональные приемы работы на основе изучения опыта работы передовых стахановцев. «Правильно выработанный прием облегчает труд, – говорит инженер. – Наш великий вождь т. Сталин учит, что только на основе высокой производительности труда можно обеспечить успешный переход от социализма к коммунизму» [4].

Почину инженера было придано «исключительно важное политическое значение». Руководство пароходства распорядилось командованию судов до 20 декабря 1950 г. представить в механико-судовую службу материалы технологического обеспечения повышения эффективности работы судового персонала, а также передовиков производства, работающих в судоремонте. Руководство работой по изучению, обобщению и внедрению передовых стахановских методов труда возлагалось на главного инженера пароходства С.А. Козловского [5, л. 42–43].

В 1956 г. в КЧГМП активно обсуждался способ зонального сжигания угля, предложенный машинной командой парохода «Красноярск». Его даже обобщили выпуском специального плаката, «иллюстрирующим передовые методы труда новаторов». Здесь же рассказывалось о достигнутом экономическом эффекте [6].

А 11 февраля 1959 г. для изучения зонального метода сжигания угля и последующего его внедрения на судах пароходства на сахалинский пароход «Сталино» командированы кочегары 1-го класса В.А. Николаенко и А.П. Злобин [7, л. 62].

Флот КЧГМП работал в тяжелых навигационных условиях плохо оборудованного побережья Камчатки и Чукотки. Из-за слабой организации грузовых работ в рейдовых пунктах и частых штормов рейсы затягивались, на пароходах заканчивалась пресная вода, они «обезугливались» и были вынуждены возвращаться в базу.

Расследование показало, что «причиной настоящей аварии явилось низкое качество угля, полученного в Петропавловске, в связи с чем были большой расход угля и невозможность держать пар на марке. Вины судового экипажа в аварии нет» [9, л. 135].

Повреждения главных котлов становились причиной невозможности выполнения пароходами производственных заданий, могли лишить их хода и угрожать гибелью. Героическим трудом, иначе и не скажешь, кочегаров, машинистов и механиков поврежденные агрегаты удавалось ввести в действие, не прибегая к выводу судов из эксплуатации. Вот лишь один подобный эпизод, относящийся к 1951 г.

«Пароход подходил к комбинату им. Кирова. Неожиданно случилась беда. В котле лопнула дымогарная трубка. Вода пошла в кочегарку. Котел немедленно вывели из эксплуатации, снизив до минимума давление. Старший механик вызвал машинистов первого класса Панькова и Барабаш, объяснил им положение – судно должно простоять 12–14 часов. Этого нельзя было допустить, так как кончилась пресная вода. Машинисты надели ватные тужурки, брюки, валенки, шапки и пробрались через топку в огневой ящик. Они работали при температуре 80–90 градусов, чередуясь каждые две-три минуты. Через пять часов машинисты Паньков и Барабаш ввели котел в строй» [7].

Тяжелые последствия могли иметь разрывы жаровых труб крупногабаритных огнетрубных оборотных котлов из-за перегрева, вызванного упуском воды, или чрезмерных эксплуатационных отложений со стороны воды.

Загрязнение питательной воды котлов маслом, уносимым их главных машин, особенно работавших на перегретом паре, и вспомогательных механизмов также нередко становилось причиной аварий [12, л. 257].

Большой расход масла, например, имели отечественные динамо-машины, выпускавшиеся заводом им. Гаджиева [13].

На пароходе «Вага» теплый ящик ЭУ не обеспечивал нормальной очистки питательной воды от масла, что грозило пережогом труб в котлах [14, л. 7–11].

Облегчить труд кочегаров, этих настоящих пролетариев, героически трудившихся у раскаленных топков, можно было переводом котлов на жидкое топливо. Это же позволяло увеличить экономичность паровых ЭУ. Первыми судами Камчатского госморпароходства (КГМП) – так к этому времени стало называться судоходное предприятие, – переоборудованными на мазут, стали пароходы «Миргород» (январь 1962 г.) и «Енисейск» (декабрь 1962 г.) [15, л. 1–2].

Наряду с пароходами, в состав КЧГМП 30 июля 1949 г. вошло принципиально новое судно – теплоход «Любовь Шевцова». Следует отметить, что морской транспортный флот полуострова в послевоенный период располагал лишь одним относительно крупным теплоходом (не считая нескольких дизельных деревянных сейнеров японской постройки) – танкером «Максим Горький», построенным в Японии в 1937 г., с машиной фирмы «МАН» мощностью 800 л. с.

Теплоход «Любовь Шевцова» имел двигатель построечной мощностью 1 000, эксплуатационной – 967 л. с. при частоте вращения  $800 \text{ мин}^{-1}$ , обеспечивавший судну скорость хода 7,8 узла. В состав ЭУ входил вспомогательный водогрейный котел с поверхностью нагрева  $10 \text{ м}^2$ . Часовой расход условного топлива у «Любови Шевцовой» составлял: на ходу 231, на стоянке с работающими грузовыми механизмами – 30 кг [2, л. 101].

Подсчет по формулам (1) и (2) дает удельный расход условного топлива  $g_y = 0,325 \text{ кг у. т./кВт} \cdot \text{ч}$  и эффективный КПД ЭУ теплохода  $\eta_e = 37,8\%$ . Как видно, экономичность дизельной ЭУ более чем в 3,4 раза превысила экономичность ЭУ «Якутска».

В январе 1950 г. во Владивостоке получены еще два теплохода – «Невельск» и «Корсаков». Эти грузовые суда принимали по 1 050 т груза и были построены в Венгрии (типа «Тисса», первой серии, два главных двигателя мощностью по 400 л. с.) [17, л. 37].

Пополнение флота дизельными судами продолжалось достаточно активно. По состоянию на 31 декабря 1952 г. КЧГМП располагало уже 12 теплоходами с суммарной грузоподъемностью 12 600 т и двумя так называемыми дизельными шхунами пр. 229 «Виллой» и «Витим», построенными в Хабаровске и имевшими грузоподъемность по 250 т и мощность главного двигателя 400 л. с.

Состав флота в 1954 г. отражают данные табл. 3.

Таблица 3

Тип судна	Количество в серии	Характеристика
Буксирный пароход финской постройки	1	800 л. с.
Буксирный теплоход пр. 202	1	1 200 л. с.
Теплоходы пр. 229	6	1 500 т
Тип «Невельск» второй серии	11	11 550 т
Тип «Ганза»	1	2 800 т
Тип «Вага» (лесовозы)	2	5 260 т
Тип «Невельск» первой серии	4	4 200 т
Пароход финской постройки (лесовоз)	1	2 800 т
Тип «Хабаровск»	2	5 260 т
Всего	29	29 025 л. с.

Как видно, к середине 1950-х гг. на долю паровых приходилось уже менее половины (46,3%) общей мощности ЭУ. Более половины флота составляли теплоходы типа «Невельск».

При смене масла циркуляционная масляная система, вмещавшая 360 кг масла, должна была заливаться полностью. При недоливке кратность циркуляции масла увеличивалась, оно быстро старело. Практика показала, что масляные фильтры недостаточно очищали масло, которое быстро загрязнялось и через короткие промежутки времени требовало замены. Масляных сепараторов эти суда не имели.

Система смазки главного двигателя включала маслооткачивающий насос, забиравший масло из картера, в то время как в других типах двигателей масло самотеком удалялось в сточную цистерну.

Теплоходы типа «Невельск» второй серии постройки 1953 и 1954 гг. («Аральск», «Благовещенск», «Гдов» и «Остров») оказались снабжены утяжеленными гребными винтами. Эксплуатационная частота вращения для них была снижена заводом-строителем до 670–690 вместо  $800 \text{ мин}^{-1}$  на первых теплоходах. Об этом завод не поставил в известность судовладельца, и поэтому на переходе в Петропавловск двигатели работали с перегрузкой, в результате чего в некоторых крышках цилиндров появились трещины. Приводы вспомогательных механизмов остались прежними.

Суда типа «Невельск» часто заходили в реку Камчатку. При касании днищем грунта кингстоны, водяные фильтры и холодильники забивались песком. Во избежание этого рекомендовалось переходить на охлаждение двигателей из балластных танков. При стоянке на открытых рейдах главные двигатели значительную часть времени находились в состоянии постоянной готовности. Для поддержания их в прогретом состоянии механики предложили прокачивать их водой от работающих дизель-генераторов. Этим уменьшались затраты топлива без ущерба для готовности двигателей [23].



Электрооборудование судов этого типа также оказалось неудовлетворительным [14, л. 7–11].

Много недостатков, отрицательно сказывавшихся на их эксплуатационных качествах в камчатских условиях, имели теплоходы пр. 229 («дизельные шхуны»). Они признавались непригодными для работы на Крайнем Севере из-за отсутствия здесь портов-убежищ. Анализ результатов работы флота в 1956 г. в очередной раз подтвердил, что эти суда нерентабельны. Три судна («Аджима», «Алдома» и «Вилига») принесли 3 531 тыс. руб. убытков. [20, л. 283]. Эти суда в начале 1960-х гг. были переданы в распоряжение Камчатрыбфлота.

Наиболее рентабельными судами для КЧГМП признавались твиндечные теплоходы грузо-подъемностью 2 000–2 500 т, с мощностью главных двигателей 2 000 л. с., с ледовыми подкреплениями и обогревом междудонных танков. Таковыми из существовавших в то время в СССР являлись теплоходы типа «Лев Толстой» [14, л. 4–6]. Первое такое судно пришло в распоряжение КЧГМП в июле 1955 г.

Наиболее характерные аварии, произошедшие на теплоходах КЧГМП в 1953–1956 гг., компонуется в три классические группы: нарушение Правил технической эксплуатации; конструктивные недостатки; дефекты ремонта [19, л. 247].

В течение первого десятилетия деятельности КЧГМП (1949–1958 гг.) были отработаны основные принципы технической эксплуатации паровых и дизельных ЭУ и определены дальнейшие перспективы их развития. Это позволило заметно уменьшить аварийность и повысить рентабельность работы транспортного флота.

### Литература

1. Государственный архив Камчатского края (ГАКК). – Ф. П-2. – Оп. 2. – Д. 1246.
2. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 70.
3. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 6.
4. Камчатская правда, 1950. – 17 окт. – № 246.
5. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 20.
6. Камчатский моряк, 1956. – № 83.
7. Камчатская правда, 1951. – 22 июля.
8. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 9.
9. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 144.
10. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 1164.
11. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 1702.
12. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 445.
13. Камчатский моряк, 1957. – № 61.
14. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 212.
15. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 997а.
16. ГАКК. Ф. Р-523. Оп. 1. Д. 1193а.
17. ГАКК. Ф. Р-523. Оп. 1. Д. 19.
18. Камчатский моряк, 1955. – № 94.
19. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 59.
20. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 261.
21. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 198.
22. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 310.
23. ГАКК. Ф. Р-523. – Оп. 1. – Д. 382.

УДК 629.584

**Р.А. Гараев, А.Д. Змеев**

*Камчатский государственный технический университет  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: artem.klas10@gmail.com*

### **ПЕРСПЕКТИВА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВОДНОГО ДРОНА С УСТАНОВЛЕННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ КЛЕШНЕЙ**

Эксплуатация подводного дрона с установленной механической клешней позволит значительно сократить затраты на выполнение некоторых операций под водой и обеспечить их безопасность. Благодаря механической клешне подводный дрон позволит передвигать объекты под водой, собирать морские растения и образцы грунта. Разработка подводного дрона и механической клешни – это два смежных проекта, целью которых является обезопасить и сделать экономичнее выполнение подводных работ, которые сейчас выполняются высококвалифицированными водолазными командами. В данной статье рассмотрена перспектива эксплуатации подводного дрона с установленной механической клешней с экологической и экономической точек зрения.

**Ключевые слова:** водная среда, подводный дрон, механическая клешня, техническая функциональность.

**R.A. Garaev, A.D. Zmeev**

*Kamchatka State Technical University  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006  
e-mail: artem.klas10@gmail.com*

### **THE PROSPECT OF OPERATING AN UNDERWATER DRONE WITH AN INSTALLED MECHANICAL CLAW**

Operating an underwater drone with installed mechanical claw will significantly reduce the cost of performing some underwater operations and ensure their safety. Thanks to a mechanical claw, the underwater drone will allow to move objects underwater, collect marine plants and soil samples. The development of the underwater drone and mechanical claw are two related projects which aim is to make underwater work safer and more economical in comparison with highly trained diving teams. The prospect of operating an underwater drone with an installed mechanical claw from an environmental and economic point of view is analyzed in the article.

**Key words:** aquatic environment, underwater drone, mechanical claw, technical functionality.

Большинство подводных операций на сегодняшний день выполняется водолазными командами, что в свою очередь является очень ресурсозатратным и опасным мероприятием. Ежегодно во время рыбопромыслового сезона научно-исследовательские организации рыбного хозяйства и океанографии проводят исследования с целью анализа и прогнозирования водных биоресурсов [1]. Для этих исследований обычно осуществляют химический и биологический анализ водной среды, а также ведут отчетность популяции морских животных. Добыча соответствующих материалов для научных исследований проводится водолазными командами. К примеру, чтобы получить морские растения, водолазам приходится опускаться под воду и собирать образцы вручную. Далее полученные материалы морских растений используются для прогнозирования изменений в водной среде или в медицинских и агрономических целях. Чтобы поднять образцы грунта морского дна, команде водолазов приходится погружаться на достаточно большие глубины, что является рискованным мероприятием.

В XXI в. человечество стремится к автоматизации и роботизации различных процессов деятельности. Именно поэтому в последнее время набирают широкую популярность беспилотники и дроны. Для безопасности деятельности водолазов следует обратить внимание на эксплуатацию подводных дронов, поскольку именно подводные дроны могут заменить водолазов и выполнять

работу более эффективно [2]. Для полноценного и эффективного использования подводных устройств они должны комплектоваться соответствующим оборудованием и устройствами.

На кафедре «Энергетические установки и электрооборудование судов» в КамчатГТУ активно ведется разработка двух смежных проектов, а именно «Разработка подводного дрона модульной конструкцией» и «Разработка робота-манипулятора, предназначенного для морских условий работы». Цель проектов – снизить фактические затраты на выполнение подводных операций, таких как сбор проб воды и гидробионта, сбор морских растений и образцов грунта. Создание подводного дрона с модульной конструкцией обеспечит выполнение постоянного мониторинга водной биосферы, что положительно скажется на экологическом состоянии региона. Помимо этого, появится возможность осмотра нижней части корпусов судов на предмет коррозии и мониторинга подводных сооружений и систем трубопроводов [3]. В рамках этих двух проектов уже собран макет подводного дрона, фотографии которого представлены на рис. 1.

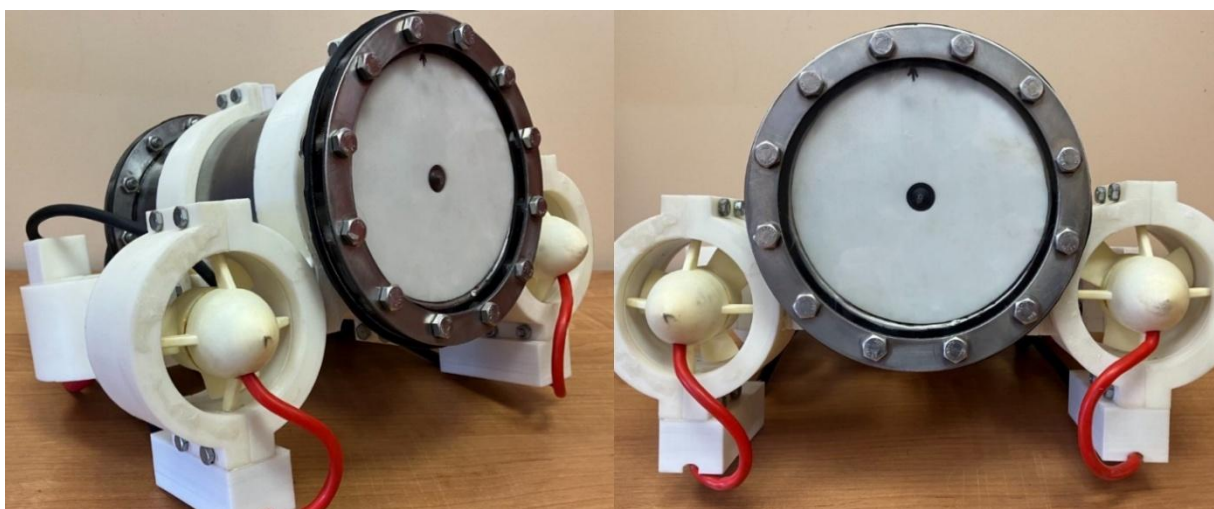


Рис. 1. Макет подводного дрона модульной конструкции

Корпус макета подводного дрона изготовлен из нержавеющей стали. Макет комплектуется 4 электродвигателями, и для каждого установлен регулятор скорости 30 А. Благодаря этим электродвигателям дрон движется в воде с максимальной скоростью 0,8 м/с. Внутри дрона находится литий-ионный аккумулятор 12 В с объемом 5 200 мА\*ч и основная материнская плата. Также на данном макете установлена бортовая камера, которая способна вести видеосъемку в полной темноте. Управление дроном проводится специальной станцией управления, которая представляет собой кейс с установленным ЖК экраном и джойстиком управления. С данным макетом подводного дрона проводились многочисленные испытания на отработку различных режимов работы в разных условиях эксплуатации [4].

Аналогично в рамках этих проектов спроектирована механическая клешня, которая в перспективе будет установлена на подводный дрон. Механическая клешня будет состоять из основных узлов: корпуса и опорных конструкций, привода, манипуляционной системы, системы программного обеспечения и, конечно, рабочего органа. Последний будет иметь сменные модули, что в будущем позволит использовать не только механическую клешню, но, к примеру, лазерную головку или лезвие. Корпус механической клешни будет изготавливаться на 3D-принтере из ABS-пластика.

Вес всей конструкции не будет превышать 3 кг, она будет устанавливаться на подводный дрон, не нарушая его равнодействующих сил и гидродинамических показателей. В соответствии с математической моделью устройства сила сжатия механической клешни будет составлять от 10 до 13 кг в пике, а максимальный диаметр подбираемого объекта будет равен 155 мм. Этого будет достаточно для подъема и передвижения небольших объектов под водой, а также при их подъеме с морского дна. Класс защиты будет соответствовать IP68, что позволит погружать устройство на глубину до 50 м на 2 часа, а рабочий диапазон температуры составляет от -15 до 40°C [5]. Визуализация механической клешни представлена на рис. 2.

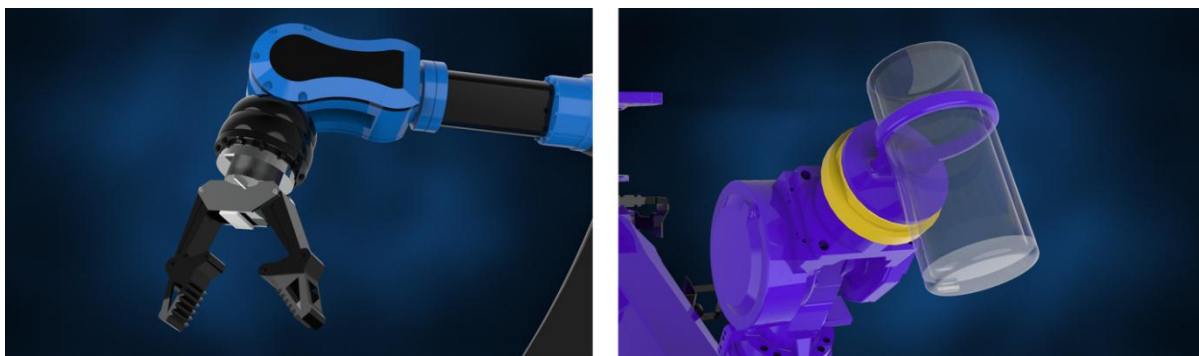


Рис. 2. Визуализация механической клешни

Итак, использование подводного дрона с установленной механической клешней в перспективе обещает быть обширным и разнообразным. Вот несколько потенциальных областей применения подводного дрона с механической клешней:

1. *Мониторинг и исследование.* С помощью дрона можно изучать подводные экосистемы, следить за динамикой популяций, вести мониторинг поведения и распределения различных видов морской жизни. Механическая клешня может использоваться для сбора различных проб и образцов, измерения параметров среды или для манипуляции с объектами в рамках исследований. Данный подход позволит своевременно получать необходимую статистику и избегать экологических бедствий.

2. *Обслуживание подводных инфраструктур.* Дрон с механической клешней может использоваться для выполнения ремонтных и обслуживающих работ на подводных инфраструктурах, таких как трубопроводы, кабели или приусадебные фермы аквакультуры. Он может поднимать и устанавливать оборудование, заменять или ремонтировать поврежденные элементы. Кроме того, устройства могут участвовать в разведке и подготовке местности для возведения различных объектов инфраструктур.

3. *Поиск и спасение.* Подводный дрон с клешней может быть использован при экстренных ситуациях как на воде, так и под водой, для поиска и спасения утопающих или пропавших без вести людей. Дрон будет оборудован необходимой сигнальной и опознавательной аппаратурой, а механическая клешня поможет удерживать пострадавших или доставить им необходимые предметы для сохранения жизни.

4. *Археология.* Дрон с клешней обладает потенциалом для поиска и подъема подводных артефактов или предметов исторической ценности. Это снизит стоимость начальных археологических работ и позволит увеличить размер области изучения, а также детальнее изучить подводные артефакты, в том числе с извлечением для последующего анализа.

5. *Рыболовство.* Подводные дроны с клешней могут использоваться для помощи в коммерческом рыболовстве. Они могут помочь в сборе рыболовных сетей, разделке пойманной рыбы или выполнении других операций, связанных с рыбодобывающим процессом.

6. *Судостроительство.* Клешня с соответствующей модификацией позволит быстро устранять аварийные ситуации в море, в том числе с намоткой сети или каната на гребной винт. Специальные модификации устройства позволят перерезать и убирать объекты, которые могут привести к чрезвычайной ситуации.

Область применения подводного дрона с механической клешней практически не ограничена и полностью зависит от конкретных потребностей и задач конечного потребителя. Активное развитие и модификация данных устройств позволяют расширять область применения, а также обеспечивать более высокую гибкость и адаптивность в соответствии с нуждами заказчика. Уже сейчас ведутся переговоры с промышленными компаниями о необходимых программных и аппаратных решениях для внедрения подводного дрона с механической клешней на производство.

Подводя итог вышесказанному, хочется отметить, что эксплуатация подводного дрона с установленной механической клешней является очень перспективным направлением как в рыбопромышленной, так и в экологической областях. Хочется еще раз обратить внимание на то, что большинство подводных операций на сегодняшний день осуществляется водолазными командами,

что довольно расточительно по времени и ресурсам. В конце концов эксплуатация подводного дрона с установленной механической клешней обезопасит и сделает более эффективным сбор морских растений и образцов грунта.

### Литература

1. Популяционная биология, генетика и систематика гидробионтов. Том 1. – М.: КамчатНИРО, 2005. – 444 с.
2. *Змеев А.Д., Рогожников А.О.* Перспектива использования подводных дронов для оценки технического состояния антикоррозийной защиты судна // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Четвертой междунар. науч.-техн. конф. (Петропавловск-Камчатский, 25–26 ноября 2021 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 109–112.
3. *Белов О.А.* Современное состояние организации комплексной защиты металлических корпусов кораблей и судов от коррозии // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2017. – № 3 (118). – С. 115–120.
4. *Змеев А.Д., Рогожников А.О., Ястребов Д.П.* Разработка и организация испытаний подводного дрона модульной конструкции // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XIII Нац. науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 29–30 марта 2022 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 97–101.
5. *Гараев Р.А., Рогожников А.О.* Перспектива использования робота-манипулятора в различных отраслях // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Пятой междунар. науч.-техн. конф. (Петропавловск-Камчатский, 18–21 октября 2022 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 57–60.

УДК 621.313.13

**Д.С. Данилов, А.О. Рогожников**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: rockdog.naruto@gmail.com*

### **ПРОБЛЕМА ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ ЗАСТОЕ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ**

В данной статье проводится сравнение классического подхода к контролю сопротивления изоляции электродвигателей с автоматизированным устройством контроля. При измерении сопротивления изоляции на судах выявляются наиболее частые проблемы: старение изоляционного материала, появление в нем трещин; перетиранье соединительных проводов; сквозная коррозия корпусов, что приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик при работе электроприводов, а также их пуске. Также следует отметить важную роль человека при взаимодействии с контрольно-измерительными приборами и электрическим оборудованием. При отказе электродвигателей их замена или ремонт являются экономически невыгодным решением, с точки зрения нерациональных растрат бюджета компании, в то время как можно разработать и внедрить более практичный вариант предпускового автоматического замера уровня сопротивления изоляции перед пуском электродвигателя для предотвращения и минимизации выхода из строя электрооборудования, что позволит сохранить больше средств для распределения на нужды судна по различным вахтенным службам.

**Ключевые слова:** микроконтроллер; сопротивление изоляции; сравнение цены устройства и электродвигателей.

**D.S. Danilov, A.O. Rogozhnikov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: rockdog.naruto@gmail.com*

### **THE PROBLEM OF STARTING ELECTRIC MOTORS WITH THEIR PROLONGED STAGNATION IN AN AGGRESSIVE ENVIRONMENT**

The classical approach to monitor the insulation resistance of electric motors with an automated monitoring device is compared in the article. When measuring insulation resistance on ships, the most common problems are identified as: aging of the insulating material, the appearance of cracks in it; chafing of connecting wires; rotting of housings, which leads to deterioration in performance characteristics during operation of electric drives, as well as their start-up. It should also be noted that humans play an important role when interacting with instrumentation and electrical equipment. If electric motors fail, their replacement or repair is an economically unprofitable solution from the point of view of irrational waste of the company's budget, while it is possible to develop and implement a more practical option for pre-start automatic measurement of the insulation resistance level before starting the electric motor, to prevent and minimize electrical equipment failure, which will save more funds for distribution for the ship needs among various watch services.

**Key words:** microcontroller; insulation resistance; device and electric motors price comparison.

Развитие судостроительной и судоремонтной отраслей является приоритетной государственной задачей. В соответствии с требованиями постановления Правительства Российской Федерации от 26 мая 2021 г. № 786 «О системе управления государственными программами Российской Федерации» сформирована новая структура государственных программ [1]. В рамках программы развития судостроения и судоремонта сформированы основные задачи:

– разработка и внедрение новых прорывных разработок, необходимых для создания морской, речной техники и техники для освоения шельфовых месторождений;

– развитие инжиниринга в судостроительной промышленности до уровня, сопоставимого с уровнем стран-лидеров судостроения.

Данное исследование направлено на внедрение современных инновационных и экономически обоснованных разработок систем защиты и управления ответственного электропривода.

Будучи практикантом-электриком нефтеналивного танкера «Сократ», компании «МОРТРАСТ», одному из авторов довелось быть свидетелем выхода из строя электродвигателя насоса ВРШ по причине пробоя изоляции, к/з, перегорания обмоток. Цена за перемотку трехфазного электропривода мощностью 50 кВт составила порядка 70 тыс. руб., а его замена покупкой аналога была бы существенно дороже, что могло быть предупреждено устройством предпускового замера сопротивления изоляции и последующего пуска при значении выше 500 кОм и его запрета при значении данного параметра изоляции ниже установленного.

В период промысла или же экспедиции суда находятся в различных сезонных погодных условиях: высокая и предельно низкая температура, сильная влажность и засуха, что может негативно сказываться на параметрах изоляции электрооборудования [2]. Также централизованный контроль сопротивления изоляции затруднен по причине разветвленности судовой сети и разнородности нагрузок. В связи с этим необходим местный контроль изоляции [3].

Наряду с контролем сопротивления изоляции необходимо отметить и человеческий фактор воздействия на судовые машины. Последствием некорректных действий человеческого фактора является ошибка, которая может завершиться поломкой механизма, главного или вспомогательного.

Около 10–15% всех отказов напрямую являются последствиями ошибок персонала, а общий процент негативного влияния звена «человек – машина» достигает 30%.

Абсолютное количество аварий составляло от 380 в 1980 г. до 120 в 2004 г., поломки и отказы судовых технических средств при этом составляли в среднем 32%. Отказы техники отмечены как нарушения правил технической эксплуатации (ПТЭ). Поскольку нарушения указаны в качестве причин аварийности, можно допустить, что они завершились поломкой или отказом техники. Одновременно необходимо учесть, что поломки произошли по вине человеческого фактора, т. к. нарушать установленные правила может только человек [4, 5].

Факторами, приводящими к технологическим нарушениям, являются игнорирование или неправильная реакция на работу предупредительной сигнализации на главном щите управления, недостаточный уровень знаний о причинах срабатывания релейной защиты и автоматики и принципа действий защит, пренебрежение использованием средств защиты, неправильное обращение с рабочими инструментами и нарушения при установке устройств переносного заземления [6].

Путем минимизации участия человека при взаимодействии с электрическими машинами во время предпусковых измерений сопротивления перед пуском в работу возможно сократить количество испорченных электроприводов. Возможно это сделать, собрав устройство по приемлемой цене для предпускового замера уровня сопротивления изоляции и автоматического пуска при удовлетворительных показаниях [7–9].

Цены электроприводов на рынке Петропавловска-Камчатского варьируются от 7 755 руб. до 20 413 руб. на электромоторы мощностью от 1,1 до 5,5 кВт в магазине «Снабкомплект».

В интернет-магазинах [russian.alibaba.com](http://russian.alibaba.com), [nauticexpo.com](http://nauticexpo.com) цены на электродвигатели мощностью от 1 кВт до 130 кВт варьируются от 8 100 руб. до 200 000 руб.

В таблице ниже приведены средние цены по рынку на электронные детали и компоненты для сборки устройства.

**Список деталей для устройства по предупреждению опасного пуска в работу электродвигателя**

Детали для устройства	Количество, шт.	Цена, руб.
Повышающий преобразователь напряжения 8QQ0302 12 В в 450-500	1	659
Микроконтроллер марки «Arduino» модель UNO 3	1	341
Амперметр постоянного тока 85c1-а	1	731
Усилитель сигнала напряжения высокоточный AD620	1	438
Сопротивление на 9 Мом	1	70
Шунт прецизионным сопротивлением 1 Ом	1	10
Твердотельное реле до 480 В, с управляемым сигналом в 3–40 В, током до 50 А	6	3 000
Блок питания 12 В	1	953
Итого		6 202

Исходя из приведенных данных, можно сделать вывод, что цена устройства для автоматизированного пуска электродвигателя по предпусковому контролю сопротивления изоляции была бы почти в 12 раз дешевле, чем перемотка сгоревших обмоток двигателя, и почти в 18 раз дешевле, чем покупка новой электрической машины по средней стоимости на рынке от самого дорогого до самого дешевого.

Такое устройство является универсальным для любого типа двигателя, независимо от его характеристик. Весь контроль может осуществляться из ЦПУ, без отвлечения от контроля электрических параметров иного оборудования судна, что повысит безопасность мореплавания и понизит влияние человеческого фактора при эксплуатации судового электрооборудования [10].

### Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 26 мая 2021 г. № 786 «О системе управления государственными программами Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 26.05.2023; в ред. от 02.08.2023.
2. *Власов А.Б.* Исследование изоляции судовых электрических машин в процессе эксплуатации и судоремонта. – Вестник МГТУ. – 2008. – Т.11, № 3. – С. 475–482.
3. *Матвеев Ю.В.* Контроль сопротивления изоляции судовых электроэнергетических систем с применением теории массового обслуживания. – Вестник МГТУ. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 496–502.
4. *Соболенко А.Н., Турищев И.П., Гомзяков М.В., Москаленко О.В.* Анализ технических отказов на рыбопромысловых судах в Дальневосточном регионе. – Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2019. – № 3. – С. 48–55.
5. *Белов О.А.* Интегрированные системы технической диагностики электроустановок // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2013. – № 25. – С. 5–8.
6. *Шиханов Р.А., Макашева С.И.* Электробезопасность: современные тренды в вопросах подготовки персонала электроустановок // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2023. – № 1 (34). – С. 72–78.
7. *Белов О.А., Богославский И.С., Преданцев Э.А.* Оптимизация элементной базы системы автоматики золотоизвлекающей фабрики ЗАО «Тревожное зарево» // Наука, образование, инновации: пути развития: Материалы Седьмой всерос. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – С. 112–114.
8. *Белов О.А., Марченко А.А., Труднев С.Ю.* Анализ расчетно-аналитических методов прикладных задач технической безопасности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 4. – С. 7–15.
9. *Белов О.А.* Аналитический обзор факторов эффективной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2-х частях. – 2019. – Ч. 1. – С. 5–9.
10. *Белов О.А.* Оценка технической готовности системы с учетом влияния человеческого фактора // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2014.– № 30. – С. 11–16.



УДК 621.313.13

**Д.С. Данилов, А.О. Рогожников**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: rockdog.naruto@gmail.com*

### **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПРЕДПУСКОВОГО ЗАМЕРА УРОВНЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ И АВТОМАТИЧЕСКОГО ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

В данной статье описывается предлагаемая схема устройства для предпускового контроля сопротивления изоляции, а также автоматического ввода электродвигателя в работу при нормальном значении сопротивления в Омах. Далее описывается программный код устройства. Устройство предназначено для предупреждения выхода из строя техники и оборудования, ответственного за живучесть судна, безопасность мореплавания и безопасность экипажа. Такое устройство является недорогим относительно замены испорченных электромоторов.

**Ключевые слова:** устройство предпускового замера уровня сопротивления изоляции, автоматизированный пуск электродвигателя.

**D.S. Danilov, A.O. Rogozhnikov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: rockdog.naruto@gmail.com*

### **DEVELOPMENT OF DEVICE FOR PRE-START MEASUREMENT OF INSULATION RESISTANCE LEVEL AND ELECTRIC MOTOR AUTOMATIC START**

The proposed device circuit for pre-start monitoring of insulation resistance, as well as automatic commissioning of the electric motor at a normal resistance value in Ohms are described. Then device program code is presented. The device is designed to prevent failure of machinery and equipment responsible for the survivability of the vessel, navigation safety and crew safety. It is more inexpensive to use such device than to replace damaged electric motors.

**Key words:** device for pre-start measurement of insulation resistance level, automated motor start.

Разработка и внедрение новых прорывных разработок, необходимых для создания морской, речной техники – важная государственная задача [1]. В рамках выполнения этой задачи разрабатывается устройство автоматического предпускового контроля сопротивления изоляции. Необходимость разработки устройства подтверждается экономическим расчетом и практическим исследованием других авторов [2, 3]. Для более быстрой подготовки электрического двигателя к пуску, а также предупреждения его выхода из строя по причине низкого сопротивления изоляции и избегания сильного влияния человеческого фактора [4–6], было собрано специальное устройство, автоматически выполняющее замер сопротивления, а также пуск.

На рисунке приведена схема устройства автоматического пуска с предварительным замером сопротивления изоляции. Во время нажатия кнопки К сигнал поступает на 13 цифровой пин, микроконтроллер начинает поочередно замыкать твердотельные реле R1-R3, чтобы провести замер сопротивления изоляции обмоток электродвигателя, напряжение проходит через мегаомметр, затем через амперметр, после чего выходит очень слабый низковольтный сигнал, который микроконтроллер не способен увидеть с высокой точностью, потому перед аналоговым пином А0 стоит процессорный усилитель сигнала AD620, после которого наша плата начинает регистрировать значение, полученное с обмоток электродвигателя.

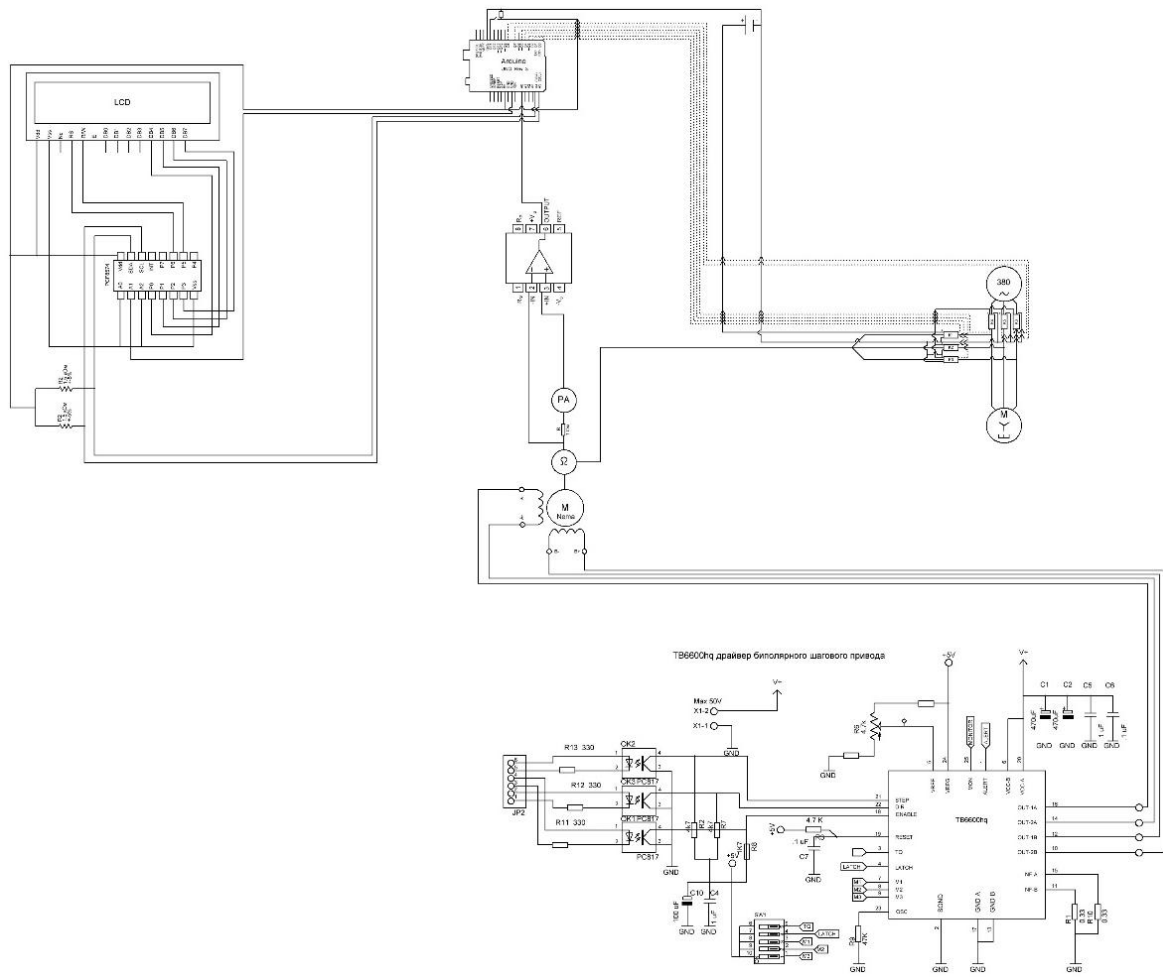


Схема устройства автоматического пуска с предварительным замером сопротивления изоляции

Далее в самом коде программы регистрируемые значения сравниваются с установленной константой по сопротивлению (она равна 500 кОм), и в зависимости от величины значения реле на подачу питания R4-R6 либо замкнутся для замыкания цепи с трехфазным источником питания электропривода, либо м/к выведет на дисплей ошибку с подписью «Checkinsulation».

В случае ошибки необходимо пройти в помещение с измеряемым электродвигателем и проверить его состояние, лично осмотрев и разобрать.

Описание кода программы:

```
#include <Wire.h> #include <LiquidCrystal_I2C.h> LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
```

В данной строке команд подключаем библиотеки для вывода значений измерений сопротивления изоляции на жидкокристаллический дисплей и объявляем характеристики дисплея.

```
#define button_pin 13 #define relay_pin_1 2 #define relay_pin_2 3 #define relay_pin_3 4 #define relay_pin_4 5 #define relay_pin_5 7 #define relay_pin_6 8 #define amper A0
```

В этой строке команд 13 пин микроконтроллера объявляется кнопкой запуска программы, за 2–4 пинами закрепляются реле для замыкания цепи измеряемых обмоток, а за 5, 7–8 пинами реле для замыкания цепи питания электродвигателя, а аналоговый пин A0 будет принимать измерения, полученные с обмоток.

```
int Val[100], n, SUM; int Fase1; int Fase2; int Fase3; boolean butt; unsigned long last_press;
```

В этой строке объявляются: переменная массива для сбора значений, для получения среднего арифметического, переменные фаз 1–3, которые будут хранить в себе значение обмоток в Ом; далее используются две переменные для обозначения флага и устранения дребезга контактов кнопки запуска соответственно.

```
void setup() {pinMode(button_pin, INPUT_PULLUP); pinMode(relay_pin_1, OUTPUT); pinMode(relay_pin_2, OUTPUT); pinMode(relay_pin_3, OUTPUT); pinMode(relay_pin_4, OUTPUT); pinMode(relay_pin_5, OUTPUT); pinMode(relay_pin_6, OUTPUT); lcd.backlight();}
```

Здесь пин кнопки запуска настраивается на прием сигнала о нажатии с подтяжкой по внутреннему сопротивлению микроконтроллера, пины 2–4 настраиваются на подачу сигнала для очередного замыкания реле цепи, отвечающей за замер сопротивления обмоток, а пины 5, 7–8 будут одновременно замыкать реле, отвечающие за подачу 3-фазного питания на электропривод.

```
void loop() {butt = !digitalRead(button_pin); – данной командой 13 пин будет принимать значение с кнопки (замкнута/разомкнута).
```

```
if (butt == 1 && millis() - last_press > 100) { last_press = millis(); digitalWrite(relay_pin_1, HIGH); Val[n] = analogRead(ampere); n++; if (n>100) n = 0; SUM = 0;
```

В данной строке соответственно: запускается цикл if, с помощью которого ставим флажок на замыкании кнопки, который в свою очередь будет сохранять режим работы программы, далее функцией millis устраняется дребезг контактов кнопки, поскольку в течение  $1 \cdot 10^2$  с не будем воспринимать сигнал с кнопки, после изменения ее состояния, затем со 2 пина подается высокий сигнал (5V) на замыкание твердотельного реле, чтобы начать замер первой обмотки привода, массив Val будет хранить в себе все полученные переменные, пока они не дойдут до 100, а переменная n отвечает за подсчет каждого нового измеренного значения, условием if(n>100) ограничиваем количество переменных до ста, а следующей командой обозначаем, что отчет будет начинаться с нуля, далее переменная среднего арифметического приравнивается к нулю.

```
for(byte i = 0; i < 100; i++){SUM += Val[i]; Fase1 = (SUM/100 * 5) / 1024; lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Обмотка 1:"); lcd.setCursor(0,11); lcd.print(Fase1); break;
```

В данной строке команд устанавливается условие для очередности каждого измеренного значения, далее вычисляется среднее арифметическое и затем переводится в понятное для людей значение в вольтах, затем настраивается дисплей экрана для наглядного представления значений, выводится сопротивление первой обмотки, конечной командой выходим из цикла по замеру первой обмотки.

```
if (lcd.print(Fase1)){digitalWrite(relay_pin_1, LOW); delay(10); digitalWrite(relay_pin_2, HIGH); if (n>100) n = 0; SUM = 0; for(byte i = 0; i < 100; i++){SUM += Val[i]; Fase2 = (SUM/100) * 5 / 1024; lcd.setCursor(1,1); lcd.print("Обмотка 1:"); lcd.setCursor(1,11); lcd.print(Fase2); break;
```

Здесь с самого начала запускаем условие для проверки окончания первого замера, чтобы следующей командой разомкнуть реле первой обмотки, затем подождать малое количество времени во избежание короткого замыкания из-за одновременного переключения реле, а следующей командой замыкается реле для замера второй обмотки, далее выполняется список команд, аналогичный вышеперечисленному, для получения значений и их усреднения со второй обмотки.

```
if (lcd.print(Fase2)){digitalWrite(relay_pin_2, LOW); delay(10); digitalWrite(relay_pin_3, HIGH); if (n>100) n = 0; SUM = 0; for(byte i = 0; i < 100; i++){SUM += Val[i]; Fase3 = (SUM/100 * 5) / 1024; lcd.setCursor(2,1); lcd.print("Обмотка 1:"); lcd.setCursor(2,11); lcd.print(Fase2); break;}}}}}
```

В данном цикле осуществляется замер третьей обмотки, как и в цикле с замером второй обмотки.

```
if (Fase1 > 0 && Fase2 > 0 && Fase3 > 0){ digitalWrite(relay_pin_4, HIGH); digitalWrite(relay_pin_5, HIGH); digitalWrite(relay_pin_6, HIGH);}
```

В этом списке команд выполняется условие: если все три обмотки дадут сопротивление больше 500 кОм, то реле на пинах 5, 7-8 замыкаются для подачи питания на запуск привода.

```
else {lcd.setCursor(3,0); lcd.print("Check the isolation");}
```

Если же сопротивление обмоток не удовлетворяет поставленному условию, то на дисплее выводится срока, информирующая о необходимости сушки электропривода либо же его детальному осмотру.

Применение автоматического предпускового контроля сопротивления изоляции позволит предупредить выход из строя ответственного электропривода, что положительно скажется на безопасности мореплавания и снижении влияния человеческого фактора [7–9].

## Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 26 мая 2021 г. № 786 «О системе управления государственными программами Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 26.05.2023; в ред. от 02.08.2023.

2. *Матвеев Ю.В.* Контроль сопротивления изоляции судовых электроэнергетических систем с применением теории массового обслуживания. – Вестник МГТУ. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 496–502.
3. *Белов О.А., Мясников Г.С.* Внедрение комплексной защиты судовых асинхронных электроприводов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 73–76.
4. Анализ технических отказов на рыбопромысловых судах в Дальневосточном регионе / *А.Н. Соколенко, И.П. Турищев, М.В. Гомзяков, О.В. Москаленко.* – Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2019. – № 3. – С. 48–55.
5. *Белов О.А.* Аналитический обзор факторов эффективной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2-х частях. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 5–9.
6. *Белов О.А.* Интегрированные системы технической диагностики электроустановок // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2013. – № 25. – С. 5–8.
7. *Белов О.А.* Оценка технической готовности системы с учетом влияния человеческого фактора // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2014. – № 30. – С. 11–16.
8. *Белов О.А.* Техническое обеспечение морских судов как фактор эффективной и безопасной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Четвертой междунар. науч.-техн. конф. (25–26 ноября 2021 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 5–9.
9. *Белов О.А., Марченко А.А., Труднев С.Ю.* Анализ расчетно-аналитических методов прикладных задач технической безопасности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 4. – С. 7–15.

УДК 681.5.017

**А.А. Забелин**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: zabelinaleksandr.kam@gmail.com*

### **ОБЗОР ОСНОВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА «ОВЕН ПЛК-63»**

Современный рынок электротехнических устройств предлагает широкий выбор оборудования, позволяющий удовлетворить потребности заказчика в организации и ведении своего хозяйства. Начиная от проектирования и заканчивая монтажом систем электроснабжения, распределения электроэнергии между потребителями необходимо подбирать электрооборудование согласно номинальным режимам работы тех или иных устройств и механизмов. Но если на предприятии имеется вероятность перехода оборудования в аварийный режим работы, пусть даже и кратковременный? Такие сценарии чаще всего являются не редкими исключениями, а постоянными явлениями. Человек, ввиду своих ограниченных возможностей, не может находиться в двух разных местах одновременно и оперировать взаимосвязанными процессами. Современные предприятия развиваются с течением времени, наращивая мощности и увеличивая выпуск продукции. Но с ростом продуктивности предприятия возникает и потребность организовать новые рабочие места для людей, пусть даже эти места и не требуют определенной квалификации от работника. Какие-то процессы можно организовать как постоянное рабочее место, другие же можно и автоматизировать.

**Ключевые слова:** автоматизация, ПЛК, эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматизации.

**A.A. Zabelin**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: zabelinaleksandr.kam@gmail.com*

### **OVERVIEW OF THE MAIN FUNCTIONALITY OF THE PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER "OVEN PLC-63"**

The modern market of electrical devices offers a wide range of equipment that allows to satisfy the customer's needs in organizing and running their business. Starting from the design and ending with the installation of power supply systems and the distribution of electricity between consumers, it is necessary to select electrical equipment according to the nominal operating modes of certain devices and mechanisms. But what if there is a possibility that equipment will go into emergency mode at an enterprise, even if it's short-term? Such scenarios are most often not rare exceptions, but constant phenomena. A person, due to his limited capabilities, cannot be in two different places at the same time and operate with interrelated processes. Modern enterprises are developed, increasing capacity and increasing production output. But with the growth of enterprise productivity, the need to organize new jobs for people arises too, even if these jobs do not require certain qualifications from the employee. Some processes can be organized as a permanent workplace, while others can be automated.

**Key words:** automatization, PLC, operation of ship electrical equipment and automation equipment.

Разработка современных систем, будь то системы пожарной сигнализации или система осушения танков на судах, в последние годы предполагает все большее внедрение автоматизированного контроля и управления. По своей сути эти нововведения образуют сами из себя новую систему – систему автоматического контроля и управления. Подобные системы устанавливаются «поверх» систем исполнительных механизмов, локализуя, к примеру, информацию показаний приборов в одном месте.

Если одно только измерение, применимое к агрегату, покажется недостаточным, можно организовать дистанционное управление и контроль за работой в автоматическом режиме.

Подобные системы организуются благодаря программируемым логическим контроллерам (ПЛК) (рис. 1).

Системы автоматического управления (САУ) могут быть разделены по функциональному назначению на локальные, групповые, информационные, координирующие и комплексные [1]. Каждая из систем по функциональному назначению определяется для управления или контроля определенного технологического объекта или совокупности объектов. К примеру, локальная САУ регулирования напряжения судового генератора следит за состоянием выходного напряжения на зажимах генератора и при изменении контролируемого параметра позволяет восстановить его до номинального значения.

Ранее было оговорено, что современный рынок предлагает на выбор большой ассортимент электротехнических устройств. Эти устройства подбираются в зависимости от назначения и исполнения. Имеются и многофункциональные устройства, содержащие в себе дополняющие и расширяющие диапазон рабочих характеристик элементы [2, 3].

Рассматривать и сравнивать характеристики даже основных ПЛК от ведущих российских производителей в рамках данной научной исследовательской статьи не представляется необходимым. Но стоит отметить, что характеристики и параметры ПЛК подбираются индивидуально, удовлетворяя запросы по автоматизации тех или иных технологических процессов. В данной научной исследовательской статье кратко освещены основные характеристики программируемого логического контроллера от российского производителя «ОВЕН» ПЛК-63 (рис. 2), который является основным объектом будущего дипломного проекта автора по разработке учебного лабораторного стенда [4].

Основная информация, предназначенная для ознакомления с устройством, конструкцией, работой или техническим обслуживанием, представлена в руководстве по эксплуатации оборудования [5]. ПЛК-63 может быть использован как устройство управления локализованным объектом, устройство мониторинга объекта, устройство мониторинга и управления.

В зависимости от назначения контроллер комплектуется различными выходными устройствами. Тип и количество этих устройств, установленных в используемом оборудовании, отмечается на боковой панели самого контроллера и представляет из себя комбинацию значений следующего образца: ПЛК-63-PPRRRII-L. После названия прибора через тире идет последовательное обозначения выходного устройства. Буква «Р» обозначает электромагнитное реле, оптопара маркируется под буквой «К», твердотельное реле «Т» и цифроаналоговые преобразователи напряжения и тока как «И» и «У» соответственно. Крайние латинские буквы «L» и «M» означают объем памяти для ввода и вывода информации, для первой 300 байт и 600 для второй.

Управление объектами автоматизации определяется потребителем в процессе программирования контроллера. CoDeSys является средой программирования контроллера ПЛК-63, и его версия зависит от устройства. В данной среде пользователь задает параметры, которые ПЛК будет контролировать, а также создавать сценарии (алгоритмы) работы, если требуется управление над объектом автоматизации.

Компания «ОВЕН» предлагает на своем сайте [www.owen.ru](http://www.owen.ru) документацию по программированию всех линеек устройств при работе с программным обеспечением CoDeSys и проводит курсы повышения квалификации специалистов в области автоматизации процессов. В предлагаемой структурной схеме (рис. 3) рассматривается один из способов подключения периферических устройств и указаны взаимосвязи между ними и ПЛК.



Рис. 1. Программируемый логический контроллер компании «Элсима»



Рис. 2. Программируемый логический контроллер ПЛК 63

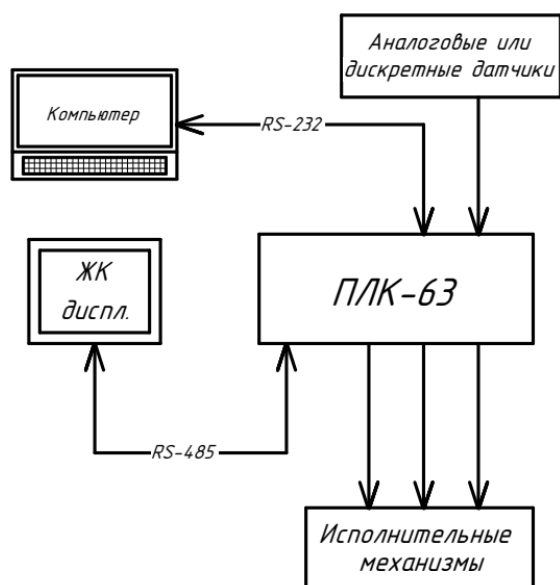


Рис. 3. Структурная схема возможного подключения ПЛК

ПЛК-63 воздействует на объекты управления на основе заложенной ранее пользовательской программы. Благодаря протоколу передачи данных RS-232, к контроллеру может быть подключен внешний компьютер, который позволит осуществить программирование сценариев ПЛК через среду CoDeSys. Аналоговые и дискретные входы позволяют считывать поступающие значения с датчиков и передавать их во встроенную программу ПЛК. Если есть необходимость следить за изменением состояния входных и (или) выходных значений, к контроллеру могут быть подсоединены дополнительные дисплеи по протоколу RS-485. В зависимости от заложенной программы контроллер в последнюю очередь отдает команды управления на исполнительные механизмы посредством аналоговых, дискретных или цифровых выходов, не прекращая при этом контроль параметров, поступающих на входы самого ПЛК.

Предложенная схема (рис. 3) может только поверхностно познакомить с возможностью использования контроллера. Более подробные функциональные схемы разрабатываются индивидуально к объектам измерения или управления, некоторые из них представлены на сайте производителя с целью ознакомления.

Ниже в таблице кратко приведены основные характеристики ПЛК-63.

#### Краткие технические характеристики

Наименование	Значение (свойства)
Общие сведения	
Способ монтажа	крепление на DIN-рейку 35мм
Размеры устройства, мм	157x86x58
Масса, кг	0,5
Степень защиты корпуса (со стороны лицевой панели)	IP20
Номинально заявленная наработка, ч	100 000
Номинальный срок службы, лет	8
Питание	
Используемое напряжение питания, В: постоянный ток переменный ток (47...63 Гц)	от 155 до 290 от 100 до 250
Источник вторичного питания: выходное напряжение, В ток, мА, не более	24±3 180
Ресурсы и дополнительное оборудование	
Процессор	RISC-процессор на базе ядра ARM-7, 32 разряда, 50 МГц
Объем памяти хранения программ, кб	250
Объем памяти хранения ввода-вывода, байт	от 300 до 600
Часы реального времени	есть (встроенный аккумулятор CR2032)
Дисплей	монохромный ЖКИ с подсветкой
Кнопки управления	6
Дискретные входы	
Количество входов	8
Подключаемые входные устройства	– контакты кнопок, выключателей, герконы, реле и т. п.; – датчики, имеющие на выходе транзистор р-п-р-типа; – дискретные сигналы 24±3 В
Аналоговые входы	
Количество аналоговых входов	8
Тип подключаемых датчиков	ТС, ТП, унифицированные сигналы тока или напряжения

Наименование	Значение (свойства)
Дискретные выходы (электромагнитное реле)	
Количество релейных выходов	от 1 до 6
Максимальный ток, коммутируемый контактами реле, А, не более	- 1 (для переменного напряжения не более 250 В и $\cos\phi > 0,4$ ) - 4 (для переменного напряжения не более 250 В и $\cos\phi > 0,8$ ) - 4 (для постоянного напряжения не более 100 В)
Дискретные выходы (оптопары)	
Количество выходных каналов	от 1 до 5
Максимальный коммутируемый ток, мА, не более	400 (при напряжении не более 60 В постоянного тока)
Дискретные выходы (твердотельное реле)	
Количество выходных каналов	от 1 до 5
Максимальный коммутируемый ток, мА, не более	50
Аналоговые выходы (ЦАП напряжения)	
Количество выходных каналов	от 1 до 5
Диапазон выходного сигнала, В	от 0 до 10
Аналоговые выходы (ЦАП тока)	
Количество выходных каналов	от 1 до 5
Диапазон выходного сигнала, мА	от 4 до 20
Интерфейсы связи	
Интерфейсы	RS-485 для передачи данных и RS-232 для программирования
Режим работы интерфейсов	Master - Slave

При заказе у изготовителя каждый ПЛК-63 может оснащаться различными комбинациями выходных устройств.

В заключение стоит отметить, что приведенная в данной научной статье информация о программируемом логическом контроллере не является исчерпывающей. Для более детальной и полной информации стоит обращаться к руководству пользователя изделия, а также по возможности проводить сравнительный анализ контроллеров, представленных разными производителями. Но даже приведенная информация может составить положительное мнение о многофункциональности устройства, разрабатываемого отечественной компанией «ОВЕН». В данный момент компания ведет политику открытого доступа к ресурсам и технической документации на все линейки устройств. Материалы от проектировщиков автоматизированных систем, располагающиеся также на сайте, доступны для ознакомления и вполне могут быть использованы при проектировании собственных систем. Отдельно стоит отметить возможность сотрудничества с высшими учебными заведениями: компания «ОВЕН» предлагает проводить курсы повышения квалификации и комплексного обучения при работе с устройствами.

### Литература

1. Толстова Л.А. Системы управления энергетическими и технологическими процессами: Учебное пособие для курсантов (студентов) высших учебных заведений, обучающихся по специальности 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» очной и заочной форм обучения. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 133 с.
2. Белов О.А., Мясников Г.С. Внедрение комплексной защиты судовых асинхронных электроприводов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 73–76.
3. Белов О.А. Техническое обеспечение морских судов как фактор эффективной и безопасной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Четвертой междунар. науч.-техн. конф. (25–26 ноября 2021 г.). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 5–9.
4. Забелин А.А. Перспектива использования учебных лабораторных стендов на основе программируемого логического контроллера «ОВЕН» // Молодежь. Наука. Инновации. – 2023. – Т. 1. – С. 357–362.
5. «ПЛК-63» Контроллер программируемый логический. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – URL: <https://owen.ru/manuals>.



УДК 681.5.017

**А.А. Забелин, А.О. Рогожников**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: zabelinaleksandr.kam@gmail.com*

### **ПРОЕКТ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УЧЕБНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА НА ОСНОВЕ ПЛК-63**

Разработка учебно-лабораторного стенда на основе программируемого логического контроллера «ОВЕН ПЛК-63» позволит студентам, обучающимся по специальности «Эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматики», ознакомиться с принципами построения автоматизированных систем. Стенд также позволит проводить лабораторные работы по программированию алгоритмов взаимодействия контроллера с исполнительными механизмами и исследовать различные сценарии работы. Для кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов» данный стенд позволит в дальнейшем расширить учебную программу подготовки специалистов, повысив их уровень компетенций в электротехнической области.

**Ключевые слова:** ПЛК, автоматизация, эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики, разработка стенда, учебный лабораторный стенд.

**A.A. Zabelin, A.O. Rogozhnikov**

*Kamchatka State Technical University  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683002  
e-mail: zabelinaleksandr.kam@gmail.com*

### **PROJECT OF DEVELOPED TRAINING LABORATORY STAND BASED ON PLC-63**

The development of a training laboratory stand based on the programmable logic controller "OVEN PLC-63" will allow students of speciality "Operation of ship electrical equipment and automation facilities" to become familiar with the principles of automated systems construction. The stand will also allow to do laboratory works on programming algorithms for interaction between controller and actuators and to study various operating scenarios. For the "Power plants and electrical equipment of ships" chair this stand will expand the curriculum for training specialists, increasing their level of competence in the electrical field in future.

**Key words:** PLC, automatization, operation of ship electrical equipment and automation equipment, stand development, training laboratory stand.

На отечественном рынке электротехнических устройств, электрооборудования для организации технологических процессов компания «ОВЕН» занимает одно из лидирующих мест. Благодаря расширенным линейкам устройств, компания предлагает разработчикам решить большинство задач, возникающих при проектировании систем автоматизации, начиная с малых (локальных) и заканчивая большими (комплексными).

Имеющееся на кафедре «Энергетические установки и электрооборудование судов» оборудование в виде программируемого контроллера было любезно предоставлено мореходным факультетом как объект научно-исследовательской работы и дипломного проекта.

При проектировании стенда решено использовать «настольное» исполнение, так как используемое оборудование не является крупногабаритным. На рис. 1 изображена структурная схема содержания проектируемого макета стенда.

В основе стенда, как и было оговорено ранее, используется программируемый логический контроллер ПЛК-63-PPRRRII-M, предоставленный университетом. В качестве исполнительных механизмов используются три однотипных магнитных пускателя с катушкой, каждая рассчитана на 220 В переменного тока, которые представляют из себя «Блоки исполнения» (БИ 1-3).

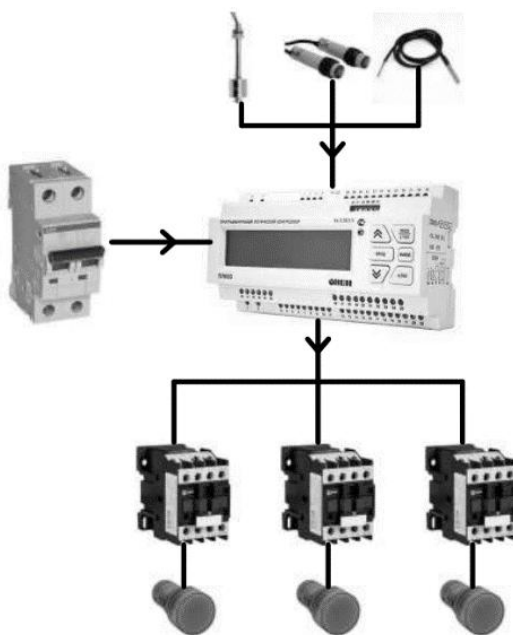


Рис 1. Структурная схема макета стенда

Индикационные лампы, расположенные под пускателями, будут симулировать работу запущенного агрегата при замыкании силовых контактов. Стенд получает питание от бытовой сети и коммутирован через двухполюсный автоматический выключатель. Устройства измерения (датчики) в количестве не более трех устройств также подключаются к стенду.

В зависимости от проводимого опыта или исследования датчики составляют так называемые блоки датчиков [1]. Для знакомства с основами построения автоматических систем решено выбрать следующие типы датчиков: поплавковый датчик уровня, оптический и терморезистивный. Предполагаемое количество датчиков составит от двух до трех штук каждого типа. Состав блоков датчиков (БД 1-3) может быть сгруппирован по усмотрению лаборанта при проведении опыта и в зависимости от задания. К примеру, к БД могут быть подключены два датчика уровня и один датчик температуры.

Ввиду того, что исполнение стенда имеет настольное размещение, определено рабочее место оператора с указанием областей (рис. 2).

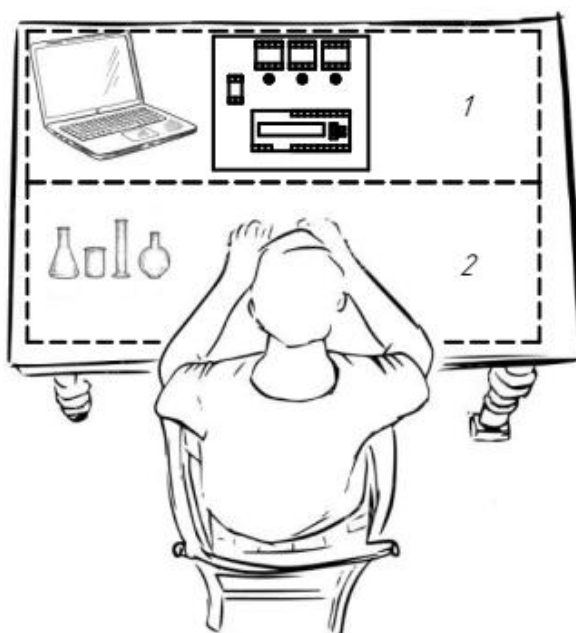


Рис. 2. Рабочее место оператора стенда

На рабочем месте указаны две области. Первая служит для организации программирования и подключения периферийных устройств. Вторая область используется для непосредственного проведения опытов, при использовании датчиков на объекты измерения.

В нашем представлении использование подобной структуры рабочего места позволит более удобно компоновать оборудование, используемое в работах. Оператор станда, начиная работу, в первую очередь ознакомляется с материалами задания. Затем идет этап подготовки оборудования в области «1», на котором оператор производит подключение устройств и программирует контроллер в среде разработки CoDeSys. На втором этапе, в области «2», оператор подготавливает среду и (или) оборудование как объект измерения. Объектами измерения чаще всего будут служить сосуды, наполненные жидкостью. Длина проводов, соединяющих датчики с программируемым контроллером, позволит свободно расставлять оборудование в зоне «2».

Далее для ознакомления предлагается принципиальная схема взаимодействия контроллера с блоками исполнения (рис. 3).

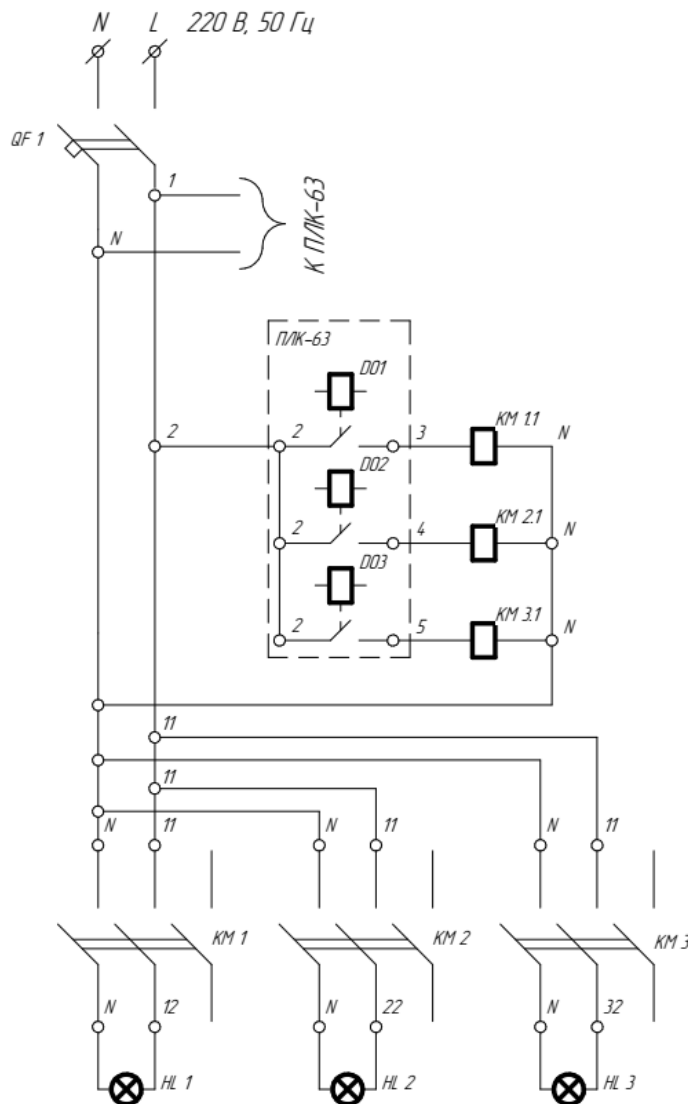


Рис. 3. Принципиальная схема подключения лабораторного станда

Как и было сказано ранее, станд использует основное питание от бытовой сети 220 В при частоте 50 Гц. Двухполюсный автоматический выключатель QF1 обеспечит защиту электрооборудования от токов короткого замыкания. Силовая цепь и цепь управления также подключены к основной сети питания станда. Используемый в станде ПЛК-63 имеет в составе дискретных выходов четыре программируемых электромагнитных реле, из которых будут использоваться три (DO1, DO2, DO3). Исходя из представленных характеристик, находящиеся в руководстве

по эксплуатации [2] электромагнитное реле контроллера способно коммутировать цепи, рассчитанные до 4 А при напряжении 220 В переменного тока, что вполне достаточно для коммутирования цепи управления контактора.

В представленной схеме указано, что питание катушек КМ1.1 – 3.1 контакторов находится в разрыве через электромагнитные реле DO1-3 контроллера. При исполнении заложенной программы контроллер замыкает собственные катушки электромагнитных реле, тем самым коммутируя цепь управления и воздействуя на катушки контакторов, вследствие чего силовые контакты замыкаются, обеспечивая питанием лампы индикации. Лампы индикации в конечном счете указывают нам на результат исполнения заложенных инструкций.

Полученные навыки и понимание сути физических процессов при эксплуатации позволит будущим специалистам, выпускникам высшего, среднего и начального профессионального образования, а также слушателям курсов повышения квалификации электротехнического персонала грамотнее и безопаснее эксплуатировать судовую электростанцию [3–5].

В данной научной статье не рассматривается спецификация используемых периферийных устройств, таких как магнитные пускатели, используемые провода для подключения, датчики, лампы индикации и т. п., ввиду того, что используемое оборудование в ходе создания прототипа стенда может быть изменено или модернизировано. Более подробно о способе подключения оборудования и самих устройств, программировании контроллера и предлагаемых методических указаниях по организации лабораторных работ имеет смысл ознакомить в следующих статьях.

### Литература

1. *Забелин А.А.* Перспектива использования учебных лабораторных стендов на основе программируемого логического контроллера «ОВЕН» // Молодежь. Наука. Инновации. – 2023. – Т. 1. – С. 357–362.
2. «ПЛК-63» Контроллер программируемый логический. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – URL: <https://owen.ru/manuals> (дата обращения: 12.10.2023).
3. *Белов О.А., Зайцев С.А.* К вопросу оценки безопасности морских судов камчатского флота // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое: Материалы X Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – С. 80–83.
4. *Белов О.А.* Оценка безопасности эксплуатации судовых энергетических установок // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2017. – № 42. – С. 6–10.
5. *Белов О.А.* Аналитический обзор факторов эффективной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Междунар. науч.-техн. конф.: В 2-х ч. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 5–9.

УДК 621.313.33

**Г.С. Мясников, К.Р. Федосеев, Н.С. Рябовол, О.А. Белов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: kletn@yandex.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ С ВАРИАТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ**

Основным источником механической мощности для большинства судовых механизмов является асинхронный электропривод. Обеспечение эффективной и надежной работы судовых электроприводов является важной и актуальной задачей. Решение этой задачи усложняется многообразием режимов работы современных электроприводов. Исследование тепловых процессов в асинхронном электроприводе позволяет определить оптимальные параметры мощности при выборе электродвигателя, а также обеспечить эффективную тепловую защиту электропривода. Продолжительный режим работы является основным для большинства судовых механизмов. В данной статье проводится анализ тепловых процессов в асинхронном электроприводе при различной нагрузке. Исследования выполнялись на специально разработанном стенде в лабораторных условиях.

**Ключевые слова:** асинхронный электропривод, режим работы электропривода, тепловые процессы, электрическая защита, эффективность, надежность.

**G.S. Myasnikov, K.R. Fedoseev, N.S. Ryabovol, O.A. Belov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: kletn@yandex.ru*

## **RESEARCH OF THERMAL PROCESSES OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR IN CONTINUOUS OPERATION WITH VARIABLE LOAD**

The main source of mechanical power for most ship machinery is an asynchronous electric drive. Ensuring efficient and reliable operation of ship electric drives is an important and urgent task. The solution of this problem is complicated by the variety of operating modes of modern electric drives. The study of thermal processes in an asynchronous electric drive makes it possible to determine the optimal power parameters when choosing an electric motor, as well as to provide effective thermal protection of the electric drive. Continuous operation is basic for most ship mechanisms. The thermal processes in an asynchronous electric drive under different loads are analyzed in the article. The studies were carried out on a specially designed stand in laboratory conditions.

**Key words:** asynchronous electric drive, electric drive operating mode, thermal processes, electrical protection, efficiency, reliability.

Тепловая защита электродвигателей – это система, которая предназначена для предотвращения перегрева двигателя и его повреждения. Она работает путем отключения электродвигателя, когда его температура превышает определенный уровень [1].

Однако современные электродвигатели становятся все более мощными и компактными, что приводит к увеличению тепловыделения и требует более эффективной тепловой защиты. Кроме того, некоторые устройства требуют работы электродвигателя при высоких температурах, что также требует более надежной и чувствительной тепловой защиты [2, 3].

Для построения эффективной тепловой защиты электропривода требуется соответствующая информация о тепловых процессах, протекающих в электродвигателе в различных режимах его работы. Также данная информация необходима при выборе эффективного электропривода для конкретного механизма. Режимы работы электродвигателей – это определенный порядок чере-

дования периодов, который характеризуется продолжительностью и величиной нагрузки, условиями охлаждения, частотой пуска и охлаждений, частотой реверса и соотношениями потерь в периоды установившегося движения и пуска.

Основные режимы электроприводов определены ГОСТ 183-74. Данным документом определены восемь режимов работы, условно маркированных согласно международной классификации S1-S8. Производители в обязательном порядке включают номинальные данные на основные режимы в каталоги и паспорт электродвигателя.

Большинство судовых потребителей работает в продолжительном режиме. Продолжительный режим (S1) предусматривает длительный и непрерывный рабочий период, во время которого двигатель нагревается до установившейся температуры. Графические параметры продолжительного режима работы представлены на рис. 1.

Лабораторный стенд позволяет моделировать различные режимы работы электропривода, изменять величину нагрузки, условия охлаждения и регистрировать температуру электродвигателя в процессе работы. Осуществлялся контроль и регистрация температуры обмотки статора (кривая 1 на рис. 2) и температура корпуса статора (кривая 2 на рис. 2). Графики строились в программе Owen Process Manager [4, 5].

Исследование продолжительного режима работы проводилось на холостом ходу при нагрузке 10% от номинальной, 50% от номинальной и в номинальном режиме работы. Продолжительность каждого опыта определялась временем стабилизации температуры в контрольных точках в данном режиме работы. Интервал между опытами определялся временем охлаждения двигателя до температуры окружающей среды.

На рис. 2 представлены результаты исследования тепловых процессов в статоре асинхронного электропривода в длительном режиме работы на холостом ходу.



Рис. 1. Графики продолжительного режима работы согласно ГОСТ 183-74

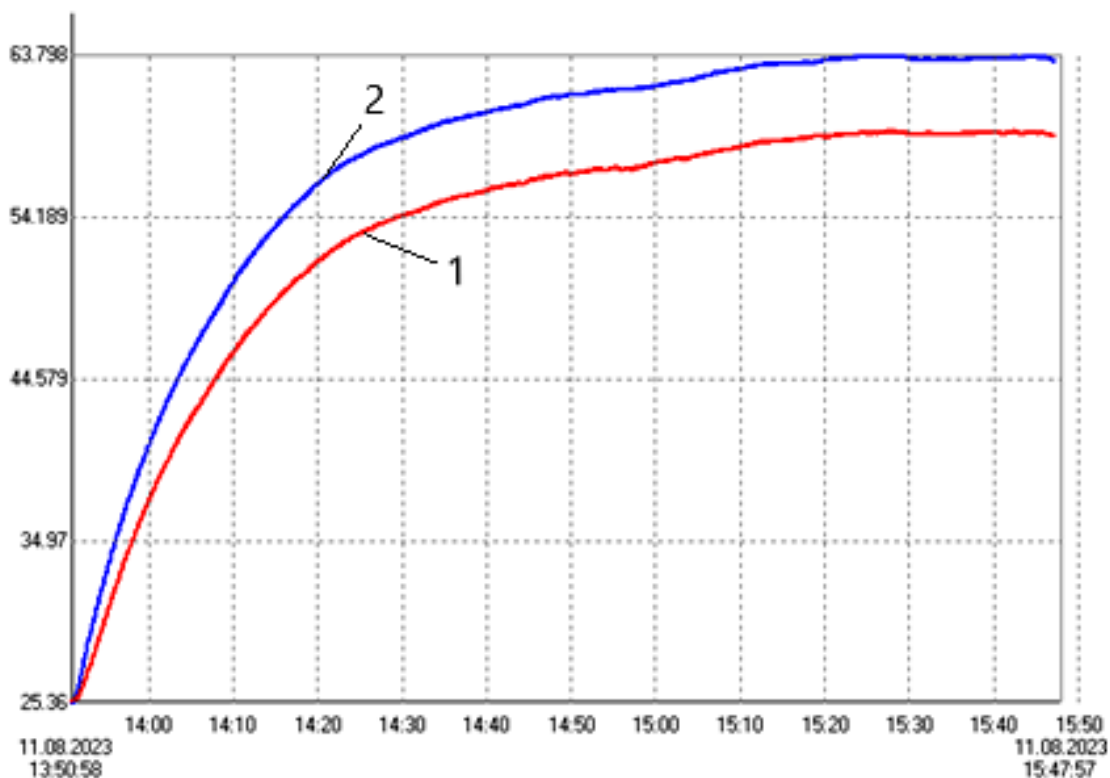


Рис. 2. Температурные кривые асинхронного электропривода в длительном режиме работы на холостом ходу

Опыт проводился при естественном охлаждении в лабораторных условиях. Электродвигатель в исследуемом режиме работы вышел на установившуюся температуру через 1 ч 57 мин. Установившаяся температура корпуса статора составила  $63,7^{\circ}\text{C}$ , температура обмотки статора стабилизировалась при значении  $58,6^{\circ}\text{C}$ . Разница температур корпуса и обмотки статора составила  $5,1^{\circ}\text{C}$ .

На рис. 3 представлены результаты исследования тепловых процессов в статоре асинхронного электропривода в длительном режиме работы при нагрузке 10% от номинальной.

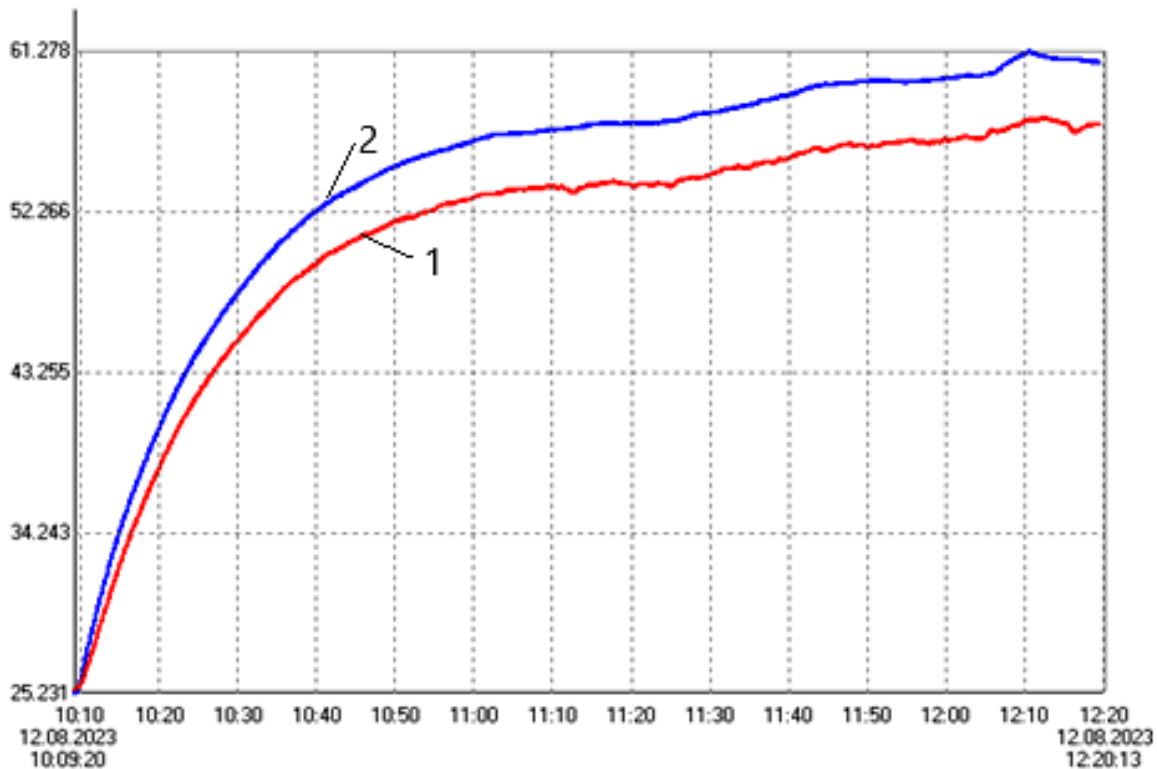


Рис. 3. Температурные кривые асинхронного электропривода в длительном режиме работы при нагрузке 10% от номинальной

Опыт проводился при естественном охлаждении в лабораторных условиях. Электродвигатель в исследуемом режиме работы вышел на установившуюся температуру через 2 ч 11 мин. Установившаяся температура корпуса статора составила  $61,3^{\circ}\text{C}$ , температура обмотки статора стабилизировалась при среднем значении  $56,7^{\circ}\text{C}$ . Разница температур корпуса и обмотки статора составила  $4,6^{\circ}\text{C}$ .

Колебания температуры на графике обусловлены воздействием внешней среды. Открытое пространство лаборатории способствует циркуляции воздушных масс и изменению условий охлаждения электродвигателя. Чувствительность температурных датчиков достаточно высокая для регистрации этих колебаний, чем и обусловлены пульсации температуры на графике [6].

Кроме того, в этих условиях обеспечивается интенсивное охлаждение электродвигателя, что увеличивает продолжительность эксперимента. Поэтому было принято решение изолировать установку от окружающей среды, поместив ее в замкнутое пространство. Это обеспечивает построение более плавного графика изменения температуры и сокращает время эксперимента. Точность показаний и форма характеристик при этом не меняются. Изоляция установки от внешней среды произведена на временном промежутке 12:06–12:10, что отображено на графике интенсивным ростом температуры с последующей стабилизацией.

Таким образом, последующие опыты проводились также в лабораторных условиях, но установка размещалась в изолированном от внешних воздействий пространстве.

На рис. 4 представлены результаты исследования тепловых процессов в статоре асинхронного электропривода в длительном режиме работы при нагрузке 50% от номинальной.

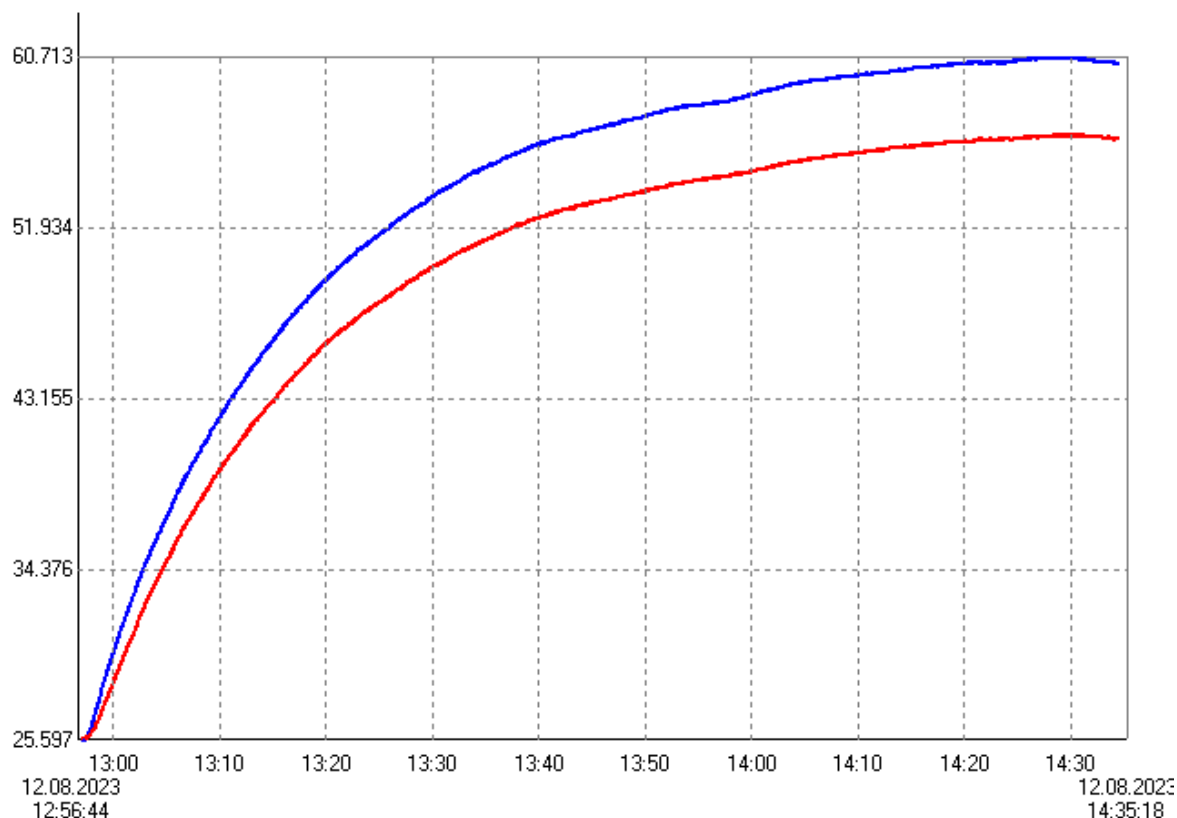


Рис. 4. Температурные кривые асинхронного электропривода в длительном режиме работы при нагрузке 50% от номинальной

Опыт проводился при естественном охлаждении в лабораторных условиях при размещении установки в изолированном пространстве. Электродвигатель в исследуемом режиме работы вышел на установившуюся температуру через 1 час 39 минут.

Установившаяся температура корпуса статора составила  $60,7^{\circ}\text{C}$ , температура обмотки статора стабилизировалась при среднем значении  $56,5^{\circ}\text{C}$ . Разница температур корпуса и обмотки статора составила  $4,2^{\circ}\text{C}$ .

Анализ температурных кривых на рис. 4 показывает, что импульсов температуры не наблюдалось, выход на установившуюся температуру происходил плавно без попыток корректировки, что подтвердило дальнейшую необходимость изолировать стенд от внешней среды.

На рис. 5 представлены результаты исследования тепловых процессов в статоре асинхронного электропривода в длительном режиме работы при номинальной нагрузке.

Опыт проводился при естественном охлаждении в лабораторных условиях при размещении установки в изолированном пространстве. Электродвигатель в исследуемом режиме работы вышел на установившуюся температуру через 2 ч 2 мин. Установившаяся температура корпуса статора составила  $59,1^{\circ}\text{C}$ , температура обмотки статора стабилизировалась при среднем значении  $55,9^{\circ}\text{C}$ . Разница температур корпуса и обмотки статора составила  $3,2^{\circ}\text{C}$ .

Сравнительный анализ полученных характеристик позволяет сделать следующие выводы:

Температурные кривые продолжительного режима работы с различной величиной нагрузки, представленные на рис. 2–5, соответствуют графику продолжительного режима работы согласно ГОСТ 183-74.

Температура стабилизации теплового процесса асинхронного электропривода имеет тенденцию к снижению при увеличении нагрузки на валу электропривода. Это обусловлено снижением электрических и магнитных потерь в статоре и ростом КПД электропривода при увеличении нагрузки.

Разница температур корпуса и обмотки статора на этапе стабилизации при увеличении нагрузки сокращается в первую очередь за счет снижения температуры корпуса статора. Так как температура корпуса статора характеризует величину магнитных потерь, а температура обмотки статора характеризует электрические потери, то можно сделать вывод, что снижение магнитных потерь происходит более интенсивно, чем электрических [7].



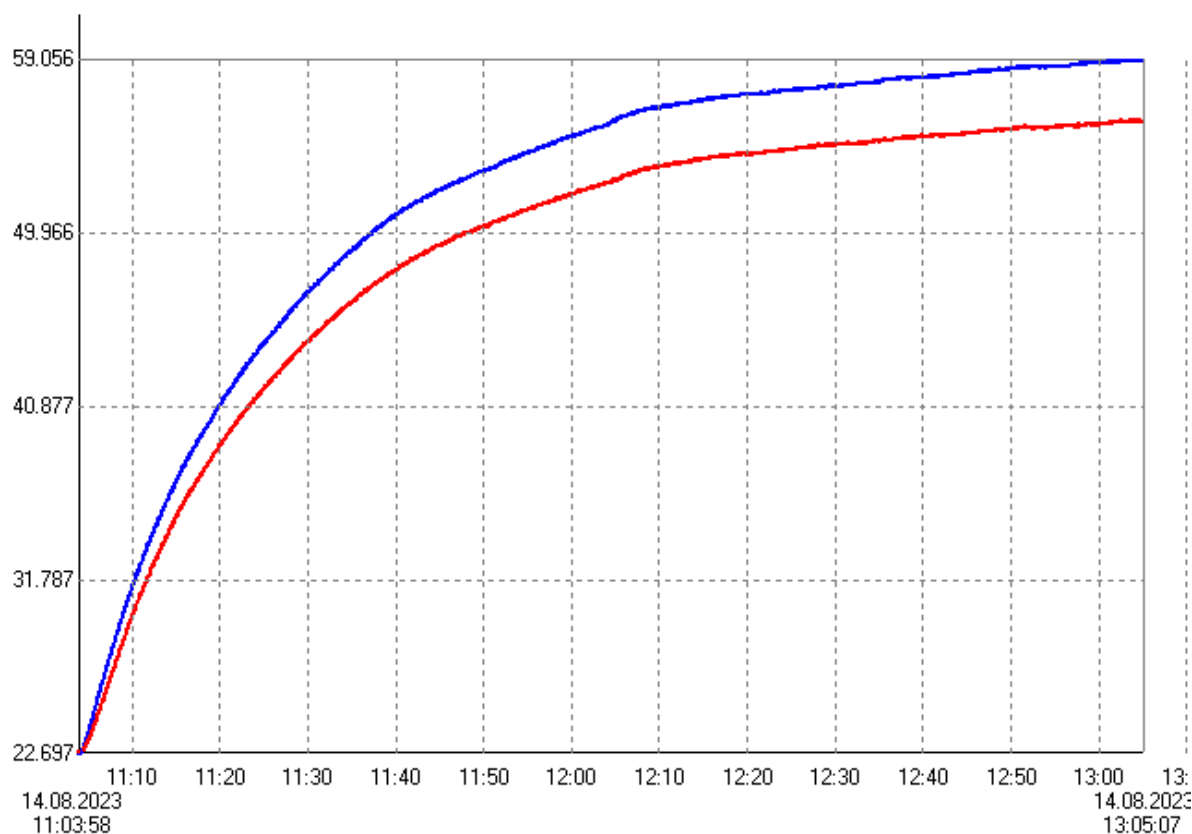


Рис. 5. Температурные кривые асинхронного электропривода в длительном режиме работы при номинальной нагрузке

Данные, полученные в результате исследования продолжительного режима работы асинхронного электропривода, можно использовать при разработке, настройке и отладке элементов защиты и управления судовыми асинхронными электроприводами.

### Литература

1. Рябинин И.А., Парфенов Ю.М. Надежность, живучесть и безопасность корабельных электроэнергетических систем. – СПб.: ВМА, 1997. – 430 с.
2. Белов О.А. Методология оценки технического состояния электрооборудования при развитии параметрических отказов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 3. – С. 96–102.
3. Белов О.А. Общий алгоритм развития опасных ситуаций в судовых условиях // Наука, образование, инновации: пути развития: Материалы Восьмой всерос. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. – С. 51–54.
4. Труднев С.Ю., Юрьев Р.А., Марченко А.А. Разработка устройства диагностики защитной аппаратуры судового электрооборудования на основе ионистора // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы Пятой всерос. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2014. – С. 147–148.
5. Осташевский Н.А., Петренко А.Н. Математическая модель теплового состояния частотно-управляемого асинхронного двигателя в стационарных режимах // Проблемы дорожного электропривода. Теория и практика: Тематический выпуск научно-технического журнала «Электроинформ». – 2009. – С. 266.
6. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 247 с.
7. Пантина А.И., Белов О.А. Контроль технического состояния судовых асинхронных двигателей на основе характеристик внешнего электромагнитного поля // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2017. – Т. 13, № 1. – С. 32–36.

УДК 621.313.322

**Д.О. Омельченко, Л.А. Толстова**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: dimy41@mail.ru*

### **АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

В данной статье проводится анализ путей повышения надежности СЭЭС. В настоящее время большинство судов БАТМ проекта 1288 оснащено трехфазными синхронными генераторами типа СБГ 1600-1500 ОМ4, которые комплектовались на судах БАТМ с 1986 по 1990 год. Срок службы генератора уже подходит или подошел к концу, количество неисправностей и поломок растет. В связи с этим возникла необходимость повышения надежности на рыбопромысловых судах путем замены валогенератора и, соответственно, системы регулирования на микропроцессорные.

**Ключевые слова:** надежность СЭЭС, микроконтроллер, Thyripart, СБГ, АРВ-ЭНС.

**D.O. Omelchenko, L.A. Tolstova**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: dimy41@mail.ru*

### **ANALYSIS OF WAYS TO INCREASE THE RELIABILITY OF SHIP ELECTRICAL POWER SYSTEM**

The ways to improve the reliability of SEPS are analyzed in the article. Currently, most freezer trawlers of Project 1288 are equipped with three-phase synchronous generators of SBG 1600-1500 OM4 type, which were equipped on freezer trawlers from 1986 to 1990. The service life of this generator is already approaching or has come to an end, the number of malfunctions and breakdowns is growing. In this regard, there was a need to improve reliability on fishing vessels by replacing the shaft generator and, accordingly, the control system with microprocessor ones.

**Key words:** reliability of SEPS, microcontroller, Thyripart, SBG, ARV-ENS.

В современном судоходстве надежность СЭЭС является одним из ключевых факторов, обеспечивающих безопасность и эффективность работы судов. Она включает в себя множество задач, таких как обеспечение надежности как отдельных компонентов, так и всей системы в целом, планирование и проведение профилактических мероприятий, а также анализ и предотвращение возможных отказов. В связи с этим повышение надежности СЭЭС становится одной из приоритетных задач судостроительной отрасли и судоходных компаний [1].

В судовой электростанции согласно требованиям Регистра РФ должно быть минимум два генераторных агрегата, что повышает надежность выработки электроэнергии примерно на 30–50%.

Бесщеточная система возбуждения генераторов имеет ряд преимуществ перед другими системами, главным из которых является повышение надежности ее работы. Эта система не требует использования коллекторов, контактных колец и щеток, что делает процесс эксплуатации генератора проще и удобнее. Однако у этой системы есть и недостаток. Для замены вышедших из строя выпрямителей и перегоревших предохранителей или подключения резервного возбуждения требуется остановка машины [2].

В настоящее время тиристоры стали широко использоваться в схемах регулирования напряжения БСГ, так как они обладают высоким быстродействием, надежностью, эффективностью и простотой управления по сравнению с другими управляемыми элементами.

Было создано множество систем возбуждения с использованием тиристоров, рассмотрим несколько из них.

Система для синхронного генератора СБГ 1600-1500 ОМ4 представляет из себя следующее: возбуждение генератора – бесщеточное, с вращающимися тиристорами, осуществляемое по основному каналу регулирования (тиристорному) со световой системой передачи сигналов управления на вращающуюся часть системы возбуждения и по резервному (диодному) каналу регулирования посредством изменения тока возбуждения возбудителя.

Информация о состоянии регулируемых параметров синхронного генератора в виде импульсного светового потока с переменной длительностью и постоянной частотой поступает через светокольцо в систему управления вращающимся тиристорным преобразователем.

Система управления формирует импульсы управления вращающимися тиристорами преобразователя, дискретно изменяющие угол управления, обеспечивая периодическую смену в соответствии со световым потоком выпрямительного и инверторного режимов.

Регулятор осуществляет процесс регулирования по отклонению напряжения, обеспечивает поддержание заданного уровня напряжения в установившихся режимах и быстрое восстановление его набросов и сбросов нагрузки и регулирование уровня отдаваемой реактивной мощности при работе генератора с сетью и с другими генераторами.

Принцип работы регулятора – выделение сигнала рассогласования между заданной (эталонной) и измеряемой величинами напряжений.

Выходные импульсы регулятора поступают через систему передачи сигналов (светокольцо СК) на систему СУВТП.

При регулировании напряжения генератора по основному каналу в обмотке возбуждения возбудителя обеспечивается максимально возможный ток. Тиристорами преобразователя этот ток ограничивается до необходимой величины.

На рис. 1 представлена схема генератора СБГ с системой возбуждения.

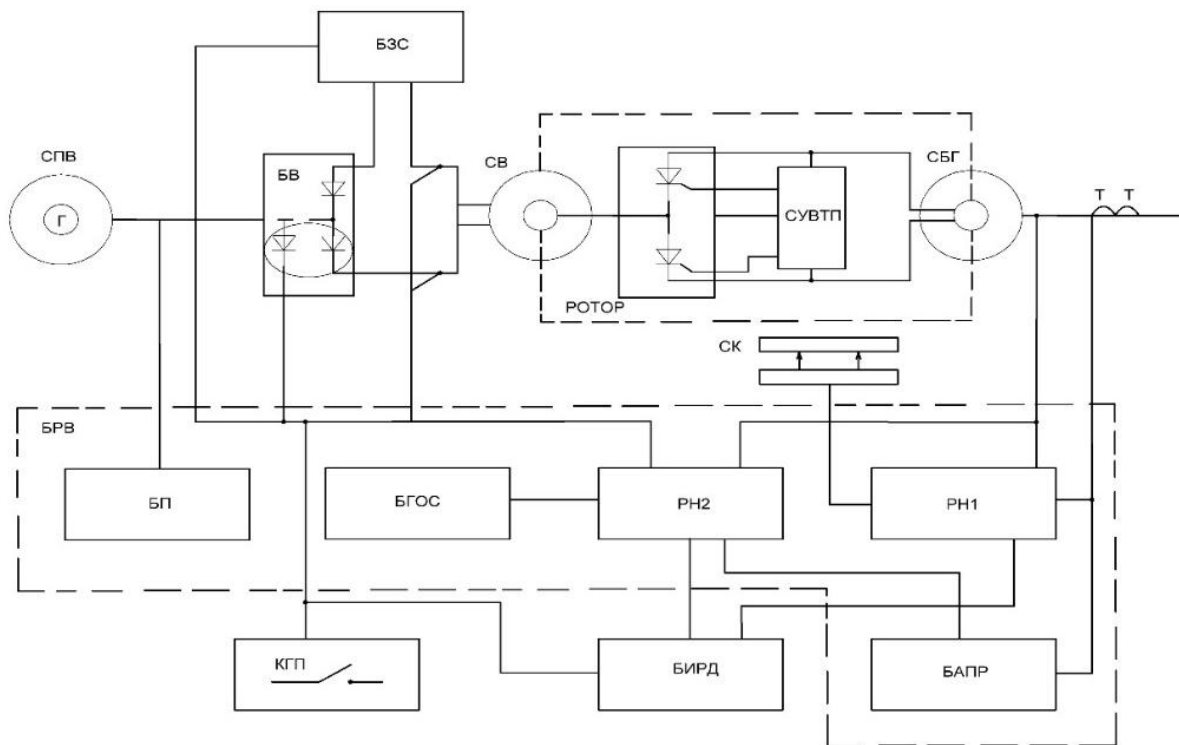


Рис. 1. Функциональная схема генератора СБГ с системой возбуждения

Данная схема включает в себя следующие функциональные элементы:

- блока защиты и сигнализации (БЗС),
- блока гибкой и обратной связи (БГОС),
- дистанционного блока индикации и регулировки (БИРД),
- блока выпрямителей (БВ),

- блока регулирования возбуждения (БРВ),
- блока питания (БП),
- блока автоматического переключения резерва (БАПР),
- синхронного бесщеточного генератора (СБГ),
- вращающегося тиристорного преобразователя (ВТП),
- регуляторов напряжения (РН1 и РН2),
- синхронного возбудителя (СВ),
- синхронного подвозбудителя (СПВ),
- светокольца (СК),
- системы управления ВТП (СУВТП),
- трансформатора тока (ТТ),
- контакта гашения поля (КГП).

Система возбуждения «Thyripart» использует систему амплитудно-фазового управления возбуждением синхронного генератора, которое обеспечивается компаундирующим трансформатором тока, пропорционально току нагрузки. Напряжение генератора сравнивается с заданным напряжением. Управляющий сигнал для открытия тиристора формируется в зависимости от вида пилообразного напряжения, получаемого после сравнения и усиления напряжения генератора. Результирующий ток возбуждения, чья интенсивность слегка выше, индуцируется в номинальное напряжение генератора. В этом случае тиристорный регулятор напряжения неактивен: выходное напряжение генератора зависит только от тока возбуждения возбудителя, регулируемого током нагрузки.

Тиристорный регулятор напряжения обеспечивает напряжение требуемой величины, регулируя изменение тока возбуждения при помощи угла открытия тиристора в шунтирующей цепи. Трехфазный вспомогательный возбудитель, преобразуя механическую энергию в электрическую, повышает энергию возбуждения примерно в 20 раз. Эта энергия поступает на обмотку возбуждения генератора, проходя через вращающийся диодный мост (RR). В этом случае ток возбуждения при низком его значении регулируется тиристорным регулятором напряжения.

На рис. 2 представлена блочная схема тиристорного регулятора напряжения. Она состоит из:

- модуля регулирования, RM – regulating module;
- модуля управления тиристорами с обратной связью, FM – firing module;
- силового модуля, PM – power module.

Модуль регулирования в свою очередь состоит из:

- блока силовых выпрямителей, RB – rectifier block – 1;
- компаратора, текущего и заданного значений напряжений генератора – 2;
- блока питания компонентов модулей – 3;
- усилителя выходной величины компаратора – 4.

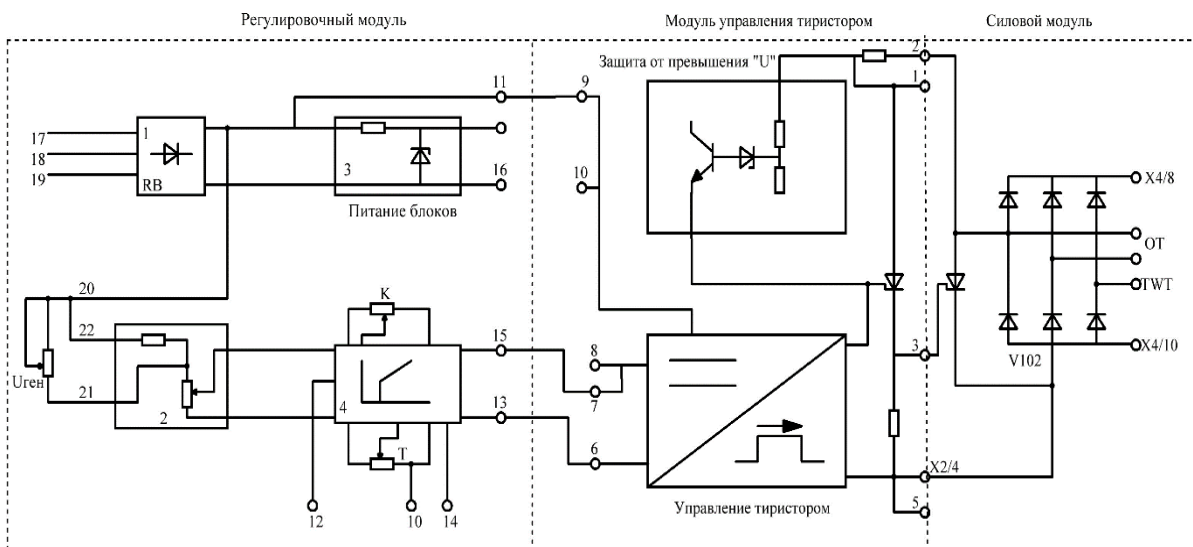


Рис. 2. Блок-схема регулятора напряжения

Данная система может быть легко интегрирована в другие, уже существующие системы, что позволит их модернизировать, тем самым повысить уровень надежности, так как она обладает низкой вероятностью сбоев и отказов, что гарантирует стабильную работу генераторного агрегата.

Также использование тиристорного регулятора напряжения позволяет более быстро регулировать ток возбуждения генераторного агрегата по сравнению с другими управляемыми элементами, что повышает стабильность работы генератора.

В 2020 г. российский производитель ООО «Электромаш» запустил в серийное производство четвертое поколения регулятора возбуждения АРВ-ЭНС с тремя вариациями исполнения в зависимости от мощности электрической машины. Современные регуляторы напряжения построены на высокопроизводительном микропроцессоре, который обеспечивает распределенное управление и возможность подключения к любой системе автоматизации.

Наличие встроенных функций самоконтроля и диагностики позволяет обеспечить бесперебойную работу на протяжении всего времени эксплуатации.

Регулятор оснащен системой мониторинга, которая позволяет непрерывно контролировать распределение тока в фазах, перегорание предохранителей R-C цепей, контролировать температуру тиристорov, проводимость тиристорov, контролировать цепи управления тиристорov и отказать в системе генерации импульсов управления [3,4].

Регулятор оснащен USB-разъемом, позволяющим оперативно выгрузить дневник событий и осциллограммы и затем на любом компьютере открыть и провести анализ событий.

Регулятор имеет расширенный комплекс защит, например, от потери возбуждения; от повышения напряжения статора на холостом ходу (1,15); от перегрузки по току ротора с уставкой по времени, зависящей от кратности перегрузки; от превышения длительности форсировки и др.

Система управления имеет полный комплект средств диагностики, делающих возможным планирование процедур техобслуживания по мере необходимости [5].

Таким образом, повышение надежности систем возбуждения синхронных генераторов гарантируется совершенствованием элементной базы систем возбуждения (построение систем на интегральных технологиях), созданием встроенных функций самоконтроля и диагностики состояния элементов, особенно расширяются функции контроля и защиты тиристорov, возможностью проведения техобслуживания по техническому состоянию [6].

Использование микропроцессорных систем управления значительно повышает функциональность системы в целом, точность контроля параметров генератора, микропроцессоры могут быть настроены под конкретные задачи, что повышает простоту использования перед тиристорными системами управления. Кроме того, оптимальные массогабаритные характеристики и компактность таких систем расширяют возможность их использования в судовых условиях.

## Литература

1. Белов О.А. Аналитический обзор факторов эффективной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Международ. науч.-техн. конф.: в 2-х частях. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 5–9.
2. Белов О.А. Техническое обеспечение морских судов как фактор эффективной и безопасной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Четвертой междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 5–9.
3. Кротенко Д.С., Белов О.А. Моделирование процессов оптимизации режимов судовой электроэнергетической системы при электропитании от береговой сети // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 77–80.
4. Сивоконь В.П., Лапишов Д.В., Белов О.А. Диагностические признаки нестандартного проявления нелинейности в электрических сетях // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2019. – № 48. – С. 18–27.
5. Белов О.А. Интегрированные системы технической диагностики электроустановок // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2013. – № 25. – С. 5–8.
6. Белов О.А., Марченко А.А., Труднев С.Ю. Анализ расчетно-аналитических методов прикладных задач технической безопасности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 4. – С. 7–15.

УДК 629.5.061.1+656.6

**А.Н. Рак<sup>1</sup>, В.О. Гутаревич<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: lion15ua@rambler.ru;

<sup>2</sup> Донецкий национальный технический университет,  
Донецк, 830000

## **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДРУЛИВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ С ДИЗЕЛЬНЫМ ПРИВОДОМ**

Подруливающие устройства относятся к средствам активного управления и применяются для улучшения управляемости на малых ходах. Известно множество различных конструкций подруливающих устройств, но правила технической эксплуатации, а также расчетные методы разработаны и наиболее развиты для подруливающих устройств с электрическим приводом. В данной статье рассмотрена методика, позволяющая оценивать устойчивость системы автоматизированного управления подруливающим устройством с дизельным приводом. Статья будет полезна специалистам, занимающимся технической эксплуатацией флота.

**Ключевые слова:** подруливающее устройство, дизель, момент инерции, момент, передаточная функция, постоянная времени, чувствительный элемент, регулятор, критерий, устойчивость.

**A.N. Rak<sup>1</sup>, V.O. Gutarevich<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: lion15ua@rambler.ru;

<sup>2</sup> Donetsk National Technical University,  
Donetsk, 830000

## **ASSESSMENT OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM STABILITY WITH DIESEL DRIVE THRUSTER**

Thrusters are classified as active control devices and are used to improve controllability at low speeds. There are many different designs of thrusters known, but the rules of technical operation, as well as calculation methods, have been developed and are mostly developed for electrically driven thrusters. The methodology that allows to evaluate the stability of an automated control system for a diesel-powered thruster is discussed. The article will be useful to specialists involved in the technical operation of the fleet.

**Key words:** thruster, diesel, moment of inertia, moment, transfer function, time constant, sensitive element, regulator, criterion, stability.

Для обеспечения швартовых операций на предельно малых скоростях в настоящее время используются активные средства управления, к которым, в частности, относятся подруливающие устройства (ПУ). В настоящее время очень широко применяются ПУ с электрическим приводом, но при их эксплуатации существуют некоторые ограничения, связанные с длительностью их эксплуатации, которая регламентируется правилами технической эксплуатации и составляет 30 мин [1]. При этом может возникнуть ситуация применения ПУ сверх нормативного времени, например, для удержания судна на курсе при работе в условиях океанских течений и штормов. Естественно, что в этом случае применение ПУ с электрическим приводом является нецелесообразным. Решить эту проблему можно применением ПУ с другими типами двигателей: электрогидравлического и дизельного. К сожалению, в технической литературе рекомендации по выбору того или иного типа двигателя особо не оговариваются. Решения по данному поводу принимаются на основании анализа не только многочисленных технических характеристик, но и многолетнего опыта эксплуатации судов в конкретных районах Мирового океана. Естественно,

что с учетом тенденции повышения степени автоматизации процессов возникает необходимость в оценке параметров таких систем.

Цель – разработка методики определения устойчивости системы автоматического управления ПУ с дизельным приводом.

Здесь использованы материалы исследований [2] и достаточно широко применяемая при исследовании именно судовых систем автоматизированного управления (САУ) информация, представленная в [3]. При этом применялись стандартные методики: для определения передаточных функций каждого из элементов САУ, преобразований и получения передаточной функции системы в целом [4]. Для анализа качества ее функционирования применены методы по определению устойчивости САУ [4], а также стандартные методы анализа переходных процессов, применяемые в [5].

Объектом управления в САУ является комплекс «дизель – ПУ» и его параметры, влияющие на динамические характеристики системы.

Качество динамических характеристик в САУ будет определяться правильностью настроек регулятора. Для этого составим функциональную схему системы управления скоростью вала приводного дизеля (рис. 1).

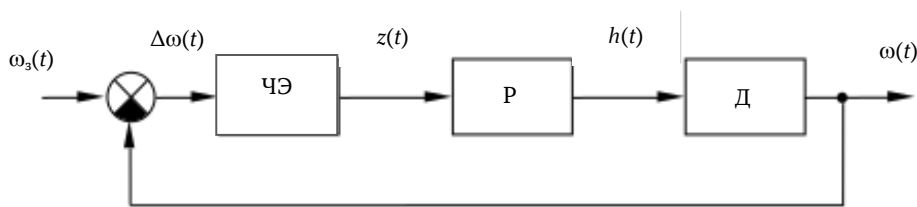


Рис. 1. Функциональная схема регулирования угловой скорости вращения частоты вращения дизеля: ЧЭ – чувствительный элемент; Р – регулятор;  $\omega_3(t)$ ,  $\Delta\omega(t)$  – заданная и текущая величина угловой скорости вала дизеля, соответственно;  $D\omega(t)$  – ошибка управления;  $z(t)$  – положение муфты регулятора;  $h(t)$  – положение рейки ТНВД; Д – дизель (объект управления)

В [3] указывается, что в переходных (динамических) режимах состояние дизеля описывается дифференциальным уравнением:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_d(\omega, h) - M_c(\omega, \lambda_p), \quad (1)$$

где  $J_\Sigma$  – момент инерции системы;  $\omega(t)$  – угловая скорость вращения вала;  $M_d$  – момент, создаваемый приводным двигателем,  $M_c$  – момент сопротивления на валу;  $h$  – положение топливной рейки;  $\lambda_p$  – характеристика нагрузки.

Преобразованием (1) в соответствии с [3] получаем уравнение, описывающее реакцию дизеля при воздействии на топливный в виде передаточной функции:

$$W_d(p) = \frac{K_h}{T_d p + 1}, \quad (2)$$

где  $T_d$  – постоянная времени дизеля, с;  $K_h$  – коэффициент усиления дизеля по перемещению рейки ТНВД,  $c^{-1}$ .

В результате можно сделать вывод, что дизель представляет собой инерционное звено, параметры которого определяются режимом его работы.

Значение постоянной времени  $T_d$  определяется в соответствии с известным соотношением [6]:

$$T_d = \frac{J_\Sigma \cdot \omega_H}{M_H}, \quad (3)$$

где  $\omega_H$  – угловая скорость вращения дизеля, рад/с;  $M_H$  – номинальный момент дизеля, Н · м.

Значение динамического момента инерции  $J_{\Sigma}$  вращающихся частей, соединенных с валом дизеля, может быть определено в соответствии с методикой, изложенной в [2].

Для определения момента необходимо знать мощность приводного дизеля. Так, в соответствии с [7] его мощность, например, для контейнеровоза определяется соотношением:

$$N_{д} = 78,2 \cdot B - 1068, \text{ кВт.} \quad (4)$$

где  $B$  – ширина судна по мидель-шпангоуту, м. В соответствии с исходными данными, приведенными в [8], ширина судна составляет 42,8 м.

Диаметр винта в соответствии с [8] составит:

$$D_{в} = 0,05 \cdot B + 0,464, \text{ мм.} \quad (5)$$

Зная мощность приводного двигателя и диаметр винта, из каталога, например, фирмы Kongsberg выбираем ПУ типа Kongsberg/Kamewa TT 2650 AUXCP с винтом регулируемого шага (ВРШ). Его технические характеристики представлены в таблице.

Технические характеристики подруливающего устройства

Производитель	Тип	Диаметр винта, мм	Мощность приводного двигателя, кВт	Частота вращения, об/мин	
				двигателя	винта
Kongsberg/Kamewa	TT 2650 AUXCP	2 650	2 200	980	204

Подача топлива в цилиндры дизеля осуществляется топливным насосом высокого давления (ТНВД), а изменение цикловой подачи выполняется перемещением топливной рейки. При этом вал дизеля вращается с угловой скоростью  $\omega(t)$ . Для контроля скорости вращения вала с ним соединен чувствительный элемент регулятора.

В настоящее время для регулирования частоты вращения широко применяются как аналоговые, так и цифровые системы регулирования частот вращения дизелей. Здесь рассматривается САУ с электронным управлением [10].

Изменение положения рейки ТНВД осуществляется шаговым электродвигателем, представляющим собой аperiodическое звено второго порядка с передаточной функцией:

$$W_p(p) = \frac{k_T}{T_1 p^2 + T_2 p + 1}. \quad (6)$$

Для топливного насоса постоянные времени приведены в [9] и равны:  $T_2 = 0,1$  с;  $T_1 = 0,8$  с;  $k_T = 0,2$ .

Чувствительный элемент – датчик частоты вращения – является пропорциональным звеном с  $k = 0,5$  [9].

Тогда структурная схема регулирования скорости вращения вала дизеля примет вид рис. 2.

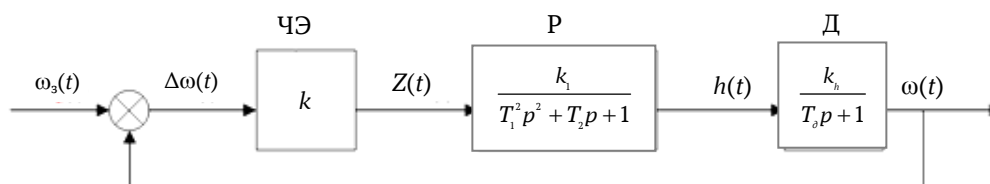


Рис. 2. Структурная схема регулирования частоты вращения вала дизеля в системе управления

Таким образом, нами получена замкнутая САУ. В результате математического моделирования САУ с применением пакета программных продуктов MathCAD получен вид переходного процесса в САУ при подаче на вход единичного воздействия, представленная на рис. 3.



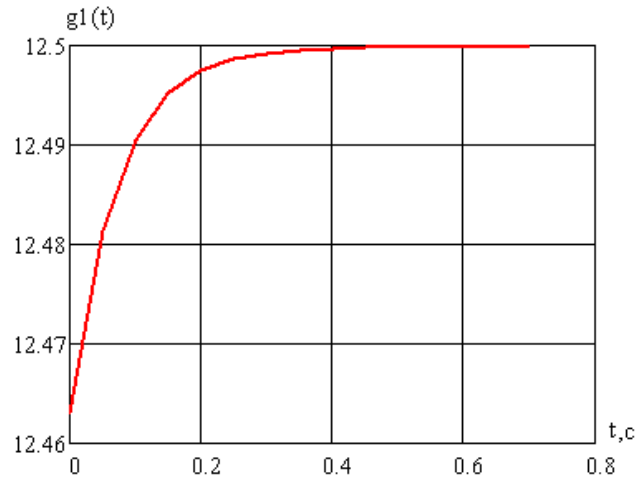
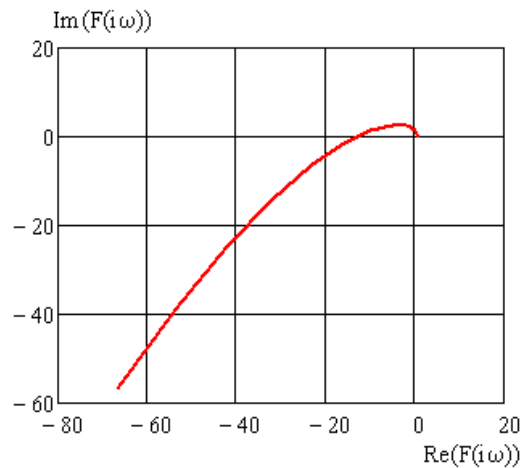


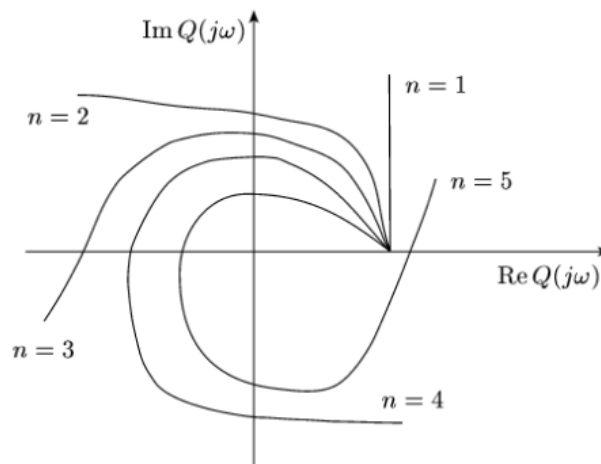
Рис. 3. Вид переходного процесса в системе автоматического управления

По ней определяются постоянная времени переходного процесса и его длительность.

Устойчивости замкнутой САУ можно проверить любым из известных критериев, например Гурвица, Михайлова, Найквиста [4]. В данном случае анализ САУ выполнялся с помощью программы MathCAD. Так, в соответствии с критерием устойчивости Михайлова на (рис. 4, а) представлен годограф Михайлова исследуемой системы, а на рис. 4, б порядок его применения.



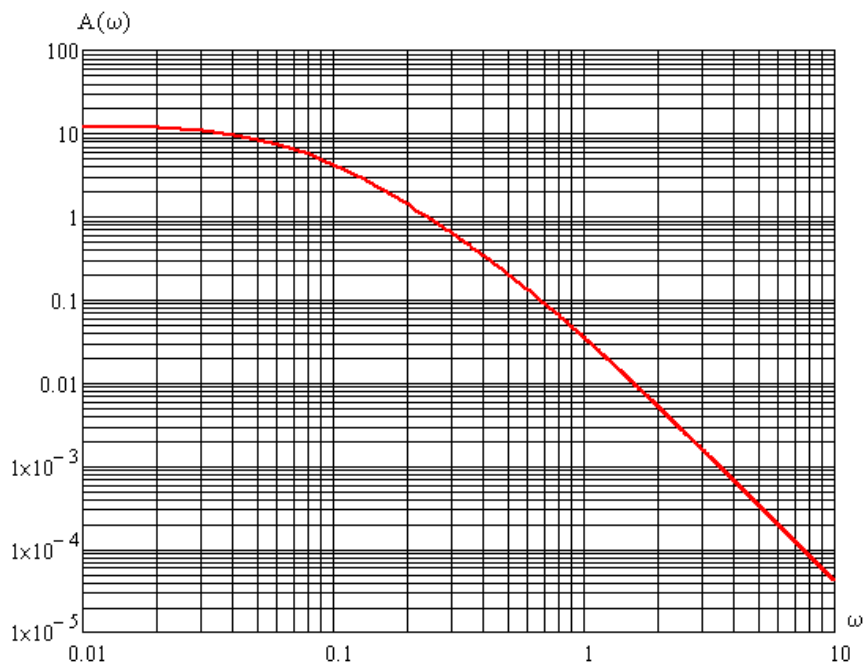
а



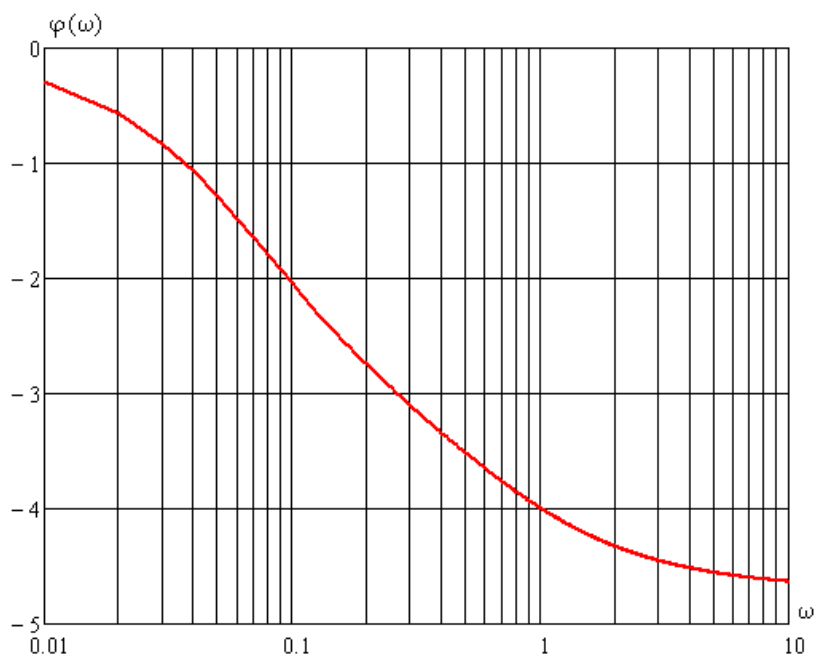
б

Рис. 4. Годограф Михайлова: для исследуемой системы (а); его применение для систем разных порядков (б)

Также устойчивость САУ можно определить и с помощью амплитудной (АЧХ) (рис. 5, а) и фазочастотной (ФЧХ) (рис. 5, б) характеристик, построенных в логарифмическом масштабе путем определения частоты среза  $\omega_{ср}$ , т. е. точки пересечения соответствующих характеристик с осью частот  $\omega$ . Для удобства исследования устойчивости построенные ЛАЧХ и ЛФЧХ рекомендуется располагать друг под другом так, чтобы оси ординат совмещались, и выбирать одинаковые масштабы оси абсцисс (рис. 5).



а



б

Рис. 5. Характеристики системы автоматического управления: амплитудно-частотная (а); фазочастотная (б)

Порядок определения запасов устойчивости по фазе и амплитуде достаточно хорошо описан в [4] и представлен на рис. 6.

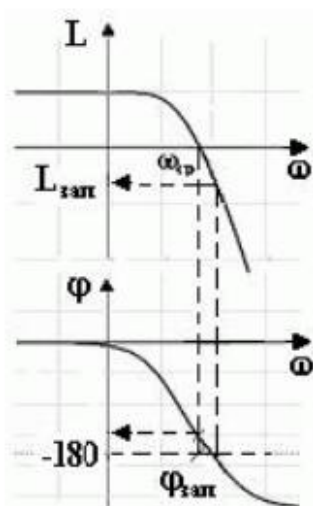


Рис. 6. ЛАЧХ и ЛФЧХ абсолютно устойчивой системы

#### Заключение:

1. Разработана методика, позволяющая определять параметры системы автоматизированного управления, в частности постоянные времени звеньев, входящих в нее.
2. Закон изменения носит экспоненциальный характер. Постоянная времени переходного процесса  $t_{\text{пн}} = 0,1$  с; длительность переходного процесса  $T_{\text{пн}} = 0,3-0,5$  с.
3. Анализ системы управления некоторыми из основных методов показывает, что предлагаемая система автоматизированного управления является абсолютно устойчивой.

#### Литература

1. РД 31.21.30-97 Правила технической эксплуатации морских и речных судов. Электрооборудование.
2. Рак А.Н. Об особенностях пуска высоковольтных асинхронных двигателей от генераторов соизмеримой мощности судовой электроэнергетической системы // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. (23–25 октября 2019 г.) / Отв. за вып. О.А. Белов. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 90–98.
3. Ланчуковский В.И., Козьминых А.В. Автоматизированные системы управления судовыми дизельными и газотурбинными установками: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 335 с.
4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория Автоматического управления. – Изд.4-е, перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с. – (Серия: Специалист).
5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник для бакалавров. – 12-е изд., исправ. и доп. – Серия: Бакалавр. Углубленный курс. ISBN 978-5-9916-3210-2. – М.: Юрайт, 2016. – 701 с.
6. Дизели. Справочник. Изд. 3-е, перераб. и доп. / Под общ. ред. В.А. Ваншейдта, Н.Н. Иванченко, Л.К. Коллерова. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1977. – 480 с. с ил.
7. Rory van Doorn. Bow Thruster Currents at Open Quay. Constructions on Piles. Delft University of Technology, Delft, The Netherlands. – March 2012. – 172 p. [Электронный ресурс]. – URL: [www.https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:06d4d38d-6d49-407b-856e-ace81a7b41a3/datastream/OBJ/download](https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:06d4d38d-6d49-407b-856e-ace81a7b41a3/datastream/OBJ/download). (дата обращения: 30.03.2020).
8. 'M' class container ship. Operating manual lindo new building L. 216. m/s "Mathilde Maersk" / Odence Steel Shipyard Ltd. – 2008. – 561 p.
9. Арендт В.Р., Сэвент К.Дж. Практика следящих систем. – М.-Л., Госэнергоиздат, 1962. – 556 с., ил.
10. Исаков Л.И., Кутьин Л.И. Комплексная автоматизация судовых дизельных и газотурбинных установок: Учебник. – Л.: Судостроение, 1984. – 386 с.

УДК 629.5.061.17+656.6

**А.Н. Рак, Е.Л. Игнаткина, И.П. Арзютов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: lion15ua@rambler.ru*

## УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ НА МОРСКИХ СУДАХ

Представленная работа посвящена вопросам, связанным с повышением энергоэффективности и управлением ею на морских судах. Рассмотрены вопросы внедрения инновационных и эффективных технологий. Показано, что их применение зависит от конкретного типа морского судна. Отмечается, что применение инновационных технологий оказывает влияние на показатель энергоэффективности. Несмотря на свою перспективность, за некоторым исключением, инновационные технологии не могут рассматриваться в качестве основных источников электрической энергии или пропульсивных установок.

**Ключевые слова:** индекс, энергоэффективность, инновация, эффективность, технология, судно, план, управление.

**A.N. Rak, E.L. Ignatkina, I.P. Arzyutov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: lion15ua@rambler.ru*

## ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT ON MARINE VESSELS

The presented work is devoted to the issues related to increasing energy efficiency and its management on marine vessels. The issues of introducing innovative and effective technologies are considered. It is shown that their use depends on the specific type of sea vessel. It is noted that the use of innovative technologies has an impact on energy efficiency. Despite their promise, with some exceptions, innovative technologies cannot be considered as the main sources of electrical energy or propulsion units.

**Key words:** index, energy efficiency, innovation, efficiency, technology, ship, plan, management.

Подписание Парижского соглашения по климату (2015 г.) стало логическим продолжением Киотского протокола (1997 г.), положившим начало контролю за выбросами парниковых газов (ПГ). Контроль за ними осуществляется в соответствии с требованиями Приложения VI к конвенции MARPOL 1973/78 [1, 2].

Так, в соответствии с [1] выбросы ПГ рекомендуется учитывать с помощью показателя энергоэффективности (Energy Efficiency Design Index – EEDI) (ПЭ), который характеризует энергетические возможности технического средства при наименьших затратах ресурсов для выработки энергии и имеет размерность  $г \cdot CO_2/т\text{-миля}$ :

$$Attained\ design\ CO_2\ index = \frac{C_f \cdot SFC \cdot P}{Capacity \cdot v}, \quad (1)$$

где  $P$  – номинальная мощность главного двигателя, кВт;

$SFC$  – удельный эффективный расход топлива этого двигателя, г/кВт ч;

$C_f$  – безразмерный переводной коэффициент, г  $CO_2/г$  топлива, определенный по содержанию углерода в конкретном топливе.

Выражение, стоящее в знаменателе формулы, – произведение величины вместимости судна  $Capacity$  в т (в качестве вместимости предполагалось принимать дедвейт) и максимальной скорости судна  $v$ , миль/ч.

К сожалению, выражение (1) не отражает в полной мере возможности применения на судах инновационных технологий (ИТ) и эффективных технологий (ЭТ), а также технических и технологических возможностей на современных морских судах.

Таким образом, данные вопросы являются очень актуальными в настоящее время.

Поскольку на современных судах в зависимости от назначения и типа должны проводиться работы по повышению ПЭ, то такой подход должен быть комплексным с учетом всех аспектов, на него влияющих. В работе применен метод сравнительного анализа.

Цель работы – учесть влияние ИТ, ЭТ, технических факторов и видов топлива в управлении ИЭ.

Для учета влияния инновационных технологий (ИТ) рассмотрим обобщенную схему судовой электроэнергетической системы (СЭЭС) (рис. 1).

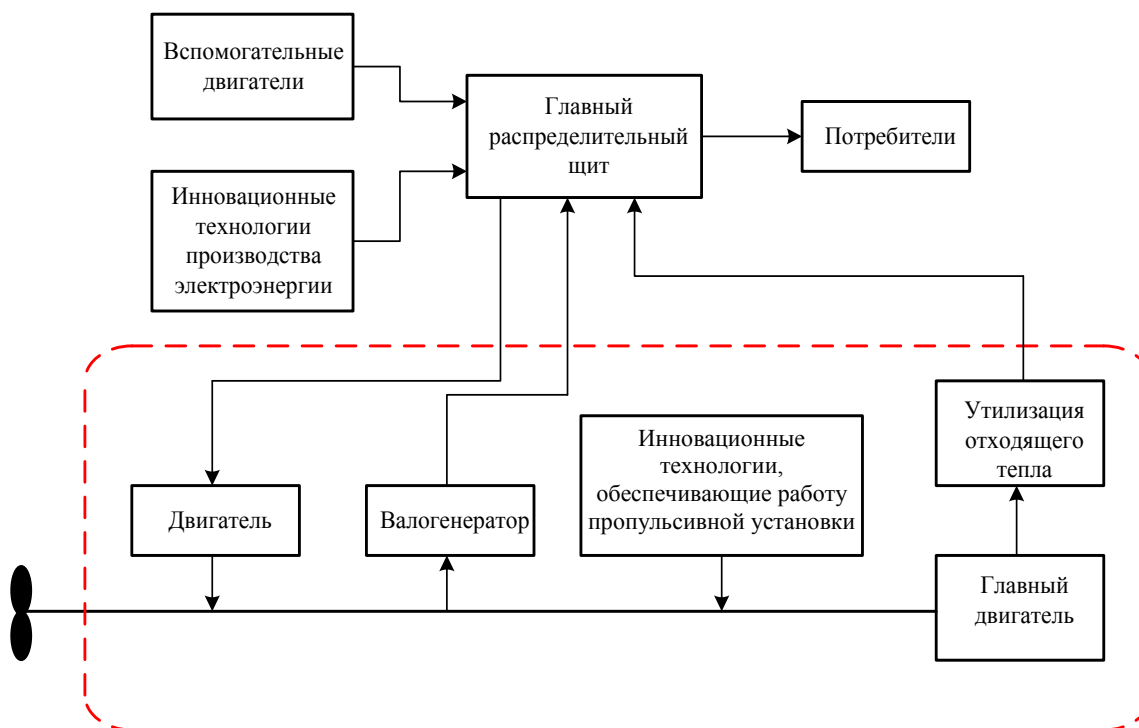


Рис. 1. Обобщенная судовая электроэнергетическая система

Применение обобщенной СЭЭС позволяет обеспечить наглядность и оценивать влияние той или иной технологии на ПЭ.

Обобщенной будем считать СЭЭС, в которой присутствуют все возможные источники энергии. В качестве ИТ рассмотрим:

- производство электрической энергии с помощью: фотовольтаических систем (ФВС); электрогенераторов, работающих на принципе органического цикла Ренкина (ОРЦ); ветрогенераторы [3].
- технологии, обеспечивающие работу пропульсивной установки (ПУ): роторы Флеттнера; применение парусов-кайтов.

Под ЭТ рассмотрим применение турбогенераторов (ТГ) и валогенераторов (ВГ).

Доскональное изучение принципа действия ЭТ и ИТ позволяет сделать вывод о том, что ЭТ и ИТ могут функционировать только от работающего ГД. Например, ТГ позволяет утилизировать тепло отработавших газов только при работающем ГД, ВГ приводится в действие самим ГД, а генератор на основе ОРЦ работает от нагретой воды самого ГД. В противном случае они просто бесполезны [4].

Роторы Флеттнера имеют ограниченное применение. Наиболее перспективными в этом плане следует считать паруса-кайты, но это требует дополнительных исследований для конкретных применений.

Так, достигнутый ПЭ рекомендуется определять при 75% мощности ГД [2]. На рис. 2 представлен удельный расход топлива (УРТ) для малооборотного дизеля (МОД).

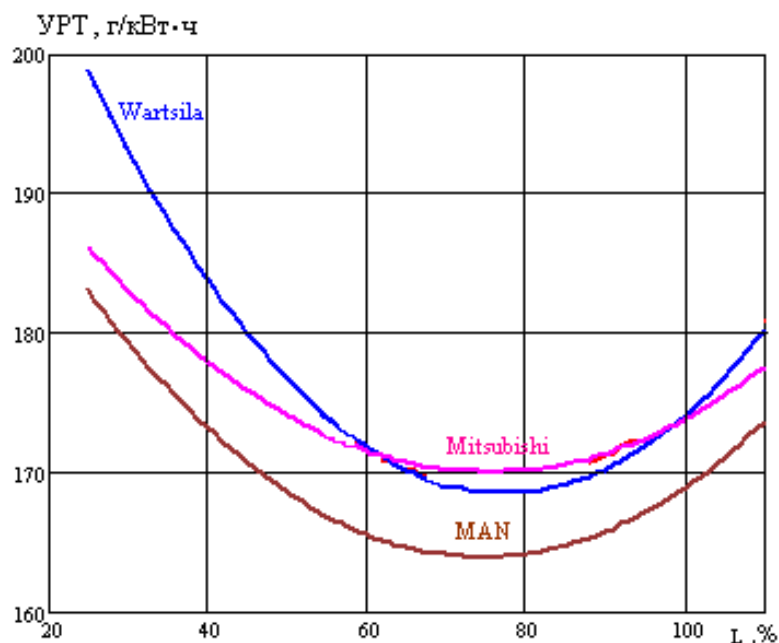


Рис. 2. Удельный расход топлива для МОД

Анализ рис. 2 показывает, что при нагрузке 75% достигается минимальный расход топлива ГД, а следовательно, и минимизируются и выбросы  $\text{CO}_2$ .

Примерно такая же картина наблюдается и среднеоборотных (СОД) и высокооборотных (ВОД) дизелей (рис. 3), которые в основном применяются для приведения в действия судовых генераторов.

Сравнение рис. 4 и рис. 3 показывает, что при нагрузке судовых генераторов на 80% наблюдается максимальное значение их КПД.

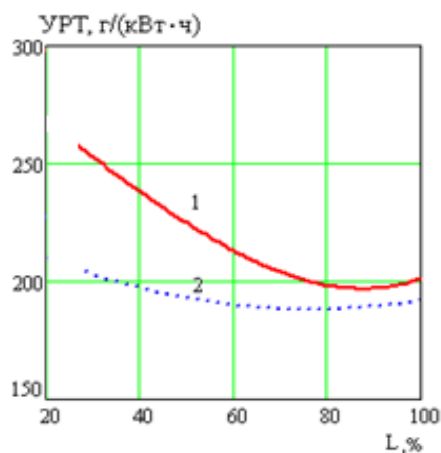


Рис. 3. Удельный расход топлива: высокооборотные дизели (1); среднеоборотные дизели (2)

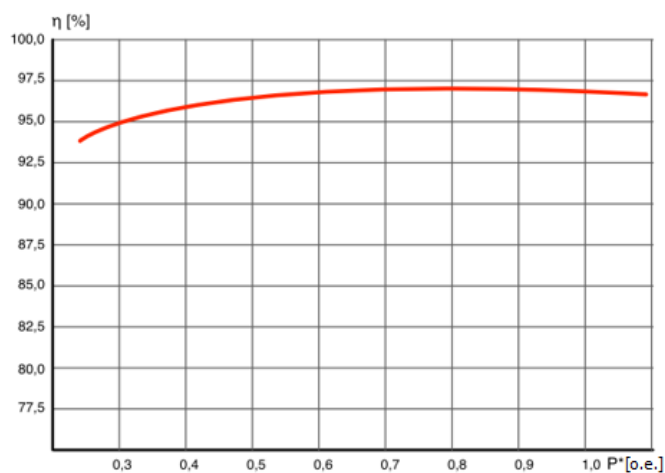


Рис. 4. Кривая зависимости КПД =  $f(P^*)$  синхронного генератора, работающего с коэффициентом мощности  $\cos\varphi = 0,8$  ( $P^* = P / P_{\text{ном}}$ )

Как показывают расчеты, ИТ имеют незначительную мощность, но для производства электрической энергии, например для ФЭС, требуются значительные площади, что возможно не для всех типов судов, а также установка сложного преобразовательного оборудования; сложность оборудования установок на основе ОРЦ [3].

Кроме мероприятий, связанных с применением различных видов топлива, на ИЭ и сокращение выбросов существенное влияние могут оказывать не только технические, но и эксплуатационные характеристики, которые представлены в таблице.

Мероприятия и потенциальное влияние на энергоэффективность и сокращение выбросов CO<sub>2</sub>

Мероприятия	Основные мероприятия	Краткое описание	Потенциал по снижению CO <sub>2</sub>
Дизайн корпуса	Размеры судна	Эффективное масштабирование, улучшение коэффициента загрузки оборудования	4–83%
	Форма корпуса	Размеры и оптимизированная форма	2–30%
	Облегченные материалы	Высокопрочная сталь и композитные материалы	0,1–22%
	Воздушная смазка	Воздушная смазка полостей корпуса	1–15%
	Устройства для снижения сопротивления движению	Модернизированные установки для уменьшения сопротивления движению	2–15%
	Уменьшение количества балластной воды	Изменение дизайна для уменьшения размера балласта	0–10%
	Покрытие корпуса	Отдельные виды покрытий	1–10%
Мощность и пропульсивные системы	Гибридные энергетические и пропульсивные системы	Гибридная вспомогательная и силовая установка	2–45%
	Энергосистема/машины		1–35%
	Эффективные движительные устройства	Включая выработку электрической энергии с различной частотой	1–25%
	Утилизация тепла		1–20%
	Энергопотребление на борту	Потребление электрической энергии на борту, например освещение	0,1–3%
Альтернативные виды топлива	Биотопливо		25–84%
	LNG		5–30%
Альтернативные источники энергии	Ветровая энергия	Различные виды парусов	1–50%
	Топливные элементы		2–20%
	Подача электроэнергии на суда с берега	Питание от береговой энергосистемы	3–10%
	Солнечная энергия	Солнечные панели на палубе	0,2–12%
Эксплуатационные	Оптимизация скорости	Рабочая скорость, пониженная скорость	1–60%
	Коэффициент использования грузоместимости	Управление флотом (уровень судна и компании)	5–50%
	Оптимизация рейса	Погодное планирование, планирование маршрута и выполнение рейса	0,1–48%
	Другие эксплуатационные мероприятия	Размещение груза, план оптимизации, энергоменеджмент, оптимизация обслуживания	1–10%

Понятие ПЭ в настоящее время связано с судовым планом управления энергоэффективностью (ПУЭС), который в настоящее время требуется на судах в соответствии с Приложением VI к конвенции MARPOL 1973/78.

Так, ПУЭС должен включать в себя мероприятия:

- направленные на повышение ПЭ;
- по сбору данных о расходе топлива.

Вся собранная информация должна представляться в стандартизованном формате данных, представленном на рис. 5.

Дата начала (д. м. г.)		
Дата окончания (д. м. г.)		
Номер ИМО		
Тип судна		
Валовая вместимость		
NT		
DWT		
EEDI (если применимо), г CO <sub>2</sub> /(т · морские мили)		
Ледовый класс (если применимо)		
Выходная (номинальная мощность)	Пропульсивная мощность главного двигателя	
	Вспомогательный/ные двигатель/и	
Пройденное расстояние, морские мили		
Время в пути, часы		
Расход судового топлива, т	дизельное/газойль (С <sub>F</sub> : 3,206)	
	легкое жидкое топливо (С <sub>F</sub> : 3,151)	
	тяжелое жидкое топливо (С <sub>F</sub> : 3,114)	
	сжиженный нефтяной газ (пропан) (С <sub>F</sub> : 3,000)	
	сжиженный нефтяной газ (бутан) (С <sub>F</sub> : 3,030)	
	сжиженный природный газ (С <sub>F</sub> : 2,750)	
	метанол (С <sub>F</sub> : 1,375)	
	этанол (С <sub>F</sub> : 1,913)	
прочее (...)		
(С <sub>F</sub> :...)		
Метод, использованный для измерения расхода судового топлива		

Рис. 5. Формат данных для составления судового плана управления энергоэффективностью

В соотношении, рекомендованном для определения достигнутого показателя энергоэффективности в части сокращения выбросов, заложен критерий сокращения выбросов по минимальному расходу топлива. Естественно, что для остальных режимов он будет отличаться.

Обобщенная схема СЭЭС позволяет обеспечить наглядность и оценивать влияние той или иной технологии на энергоэффективность.

Процедура внедрения тех или иных ИТ по повышению ЭИ на судах, а также наличие плана управления с учетом разработанных мероприятий и внедрения технологий потребует верификации.

Применение некоторых инновационных технологий хотя и позволяет уменьшить количество выбросов и повысить энергоэффективность, но решающего значения на выбор их в качестве основных генерирующих мощностей не оказывает. Независимо от этого, такой подход позволяет получить некоторые предпочтения при заходе и обслуживании судов в портах некоторых стран, в частности стран Скандинавии.

### Литература

1. МАРПОЛ. Книга III, пересмотренное Приложение VI к МАРПОЛ «Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов», Издание ЗАО «ЦНИИМФ», 2012. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/499014496>. (дата обращения: 30.03.2020).
2. Руководство по применению положений Международной конвенции МАРПОЛ 73/78. НД №2-030101-026/ ФАУ «Российский морской регистр судоходства». – СПб., 2017. – 163 с.
3. Труднев С.Ю., Рак А.Н., Марченко А.А.. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: Судовые источники электрической энергии. Часть I: [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – Текстовое (символьное) электронное издание. – Новокузнецк: Знание-М, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – 188 с.
4. Рак А.Н., Бирюков А.Б. Методика определения генерирующей способности инновационных систем утилизации теплоты главных двигателей морских судов // Энергетические системы. – 2021. – № 1. – С. 20–31. (изд-во Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород).



УДК 621.311.6

**А.Ю. Семененко, А.С. Гладких**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: kletn@yandex.ru*

### **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО БЛОКА ПИТАНИЯ**

Разработка направлена на создание универсального лабораторного блока питания для использования в морских условиях, где есть риск повреждения из-за качки и суровых условий эксплуатации. Разработка и внедрение мощного универсального блока питания для широкого спектра устройств в различных условиях эксплуатации является актуальной задачей. Это повлияет на снижение числа аварийных ситуаций на судах, связанных с выходом радиооборудования из состава, а также повысит безопасность мореплавания.

**Ключевые слова:** блок питания, радиотехническое устройство, техническая эксплуатация, надежность, безопасность мореплавания.

**A.Yu. Semenenko, A.S. Gladkikh**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: kletn@yandex.ru*

### **DEVELOPMENT AND RESEARCH OF UNIVERSAL POWER SUPPLY OPERATING MODES**

The development is aimed at creating universal laboratory power supply for use in marine environments, where there is a risk of damage due to pitching and harsh operating conditions. The development and implementation of powerful universal power supply for a wide range of devices under various operating conditions is an urgent task. This will have an impact on reducing the number of emergencies on ships associated with radio equipment breaking down, and will also increase the safety of navigation.

**Key words:** power supply, radio device, radio equipment, technical operation, reliability, navigation safety.

Обучение начинающих радиоспециалистов – ответственное дело, для решения которого требуется использовать современные технические средства, применять современные методы устранения неполадок в радиотехнических устройствах. Внедрение проектируемого устройства – универсального лабораторного блока питания – направлено на использование при устранении неполадок и во время ремонта на судне, а также для демонстрации процессов, протекающих во время эксплуатации в судовой радиоаппаратуре [1, 2].

По требованиям технических регламентов инженеры и специалисты в сфере эксплуатации технического оборудования, а также слушатели, проходящие повышения квалификации и профессиональной переподготовки, должны иметь навыки решения практических задач по анализу аварийных ситуаций и устранению их последствий. Радиоспециалист обязан уметь определить неисправные участки и предпринимать действия по их устранению, управлять и владеть ситуацией при работе с оборудованием, должен выполнять безопасное техническое обслуживание и использование, обязан быстро находить неисправность как причину выхода радиооборудования из строя [3].

Таким образом, предотвращение аварийных ситуаций на судах, возникающих в процессе эксплуатации из-за некомпетентных действий персонала является актуальной задачей. Многоцелевой лабораторный блок питания направлен на решение этих проблем за счет возможностей устройства по определению принципов работы узлов судовой радиоаппаратуры, единого

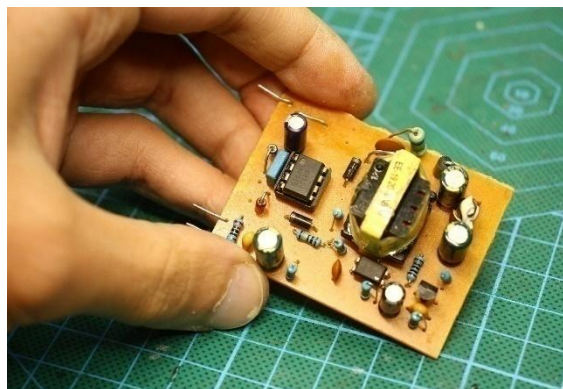
устройства, а также за счет решения задачи запуска и выхода на обычные режимы эксплуатации. Разрабатываемый универсальный блок питания направлен на отработку аварийных ситуаций, таких как короткое замыкание, превышенное напряжение. Использование этих функций позволяет в процессе подготовки специалистов привить им навыки, нужные для безаварийной эксплуатации, а также для правильного принятия решений в нестандартных ситуациях с целью обеспечить безопасность и снизить экономические потери [4, 5].

Новизна разработки заключается в большой надежности и работоспособности. В блоке питания применены высококачественные компоненты, которые дают блоку большой запас по мощности радиокомпонентов. Отличие от существующих лабораторных блоков питания заключается в том, что обычные блоки питания не предназначены для эксплуатации в морских условиях. Предлагаемый лабораторный блок питания, благодаря качественному ШИМ-контроллеру, способен стабильно отрабатывать необходимые защиты. При выходе из строя одного из узлов платы его легко заменить неопытному радиоспециалисту [6, 7].

На рис. 1 продемонстрирован результат разработки основных частей устройства.



а



б

Рис. 1. Общий вид универсального блока питания: а – панель приборов и индикаторов; б – модель платы управления

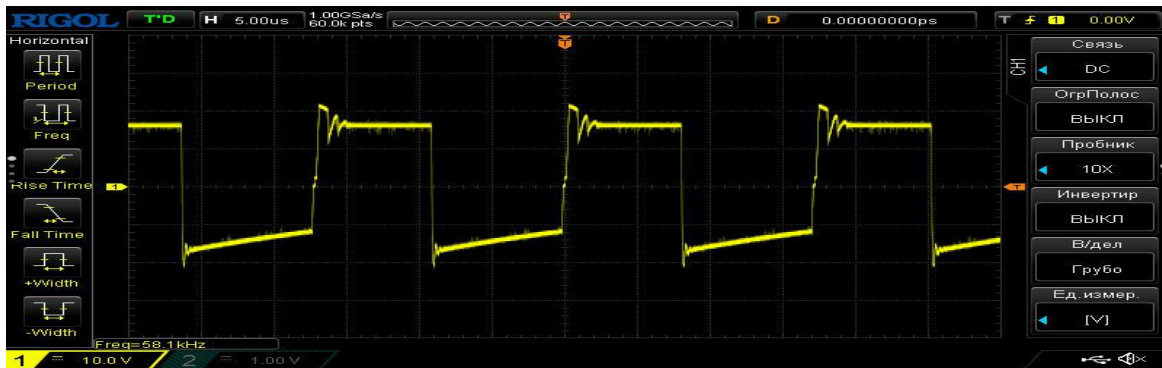
Для обеспечения профессиональных навыков при подготовке радиоспециалистов в том числе предусматривается их фактическая подготовка. Большинство устройств предназначено для отработки определенных стандартных действий в экстренных ситуациях. Требуется разработка устройства с возможностью широкого моделирования нестандартных ситуаций, последующего анализа и устранения исходных причин. При разработке универсального блока питания реализованы возможности исследования и испытания готового образца, а также выявление замечаний и неполадок после испытаний. Для изготовления универсальных элементов блока питания была применена 3D-печать элементов и оценены прочностные характеристики полученных изделий. Устранение замечаний позволило перейти к следующим этапам разработки для создания в итоге готового прототипа устройства.

В результате испытаний были оценены отклонения от нормального режима работы, проведены проверки и определены фактические рабочие установки и их соответствие токовым характеристикам. Проведены тесты, которые заключались в многократном выполнении цикла «изменения напряжения» с последующей проверкой изменения параметров нагрузки. Устойчивость к параметрам короткого замыкания – данный этап электроизмерительных испытаний предназначался для наглядной работы устройства после пропускания через его контакты мощности короткого замыкания.

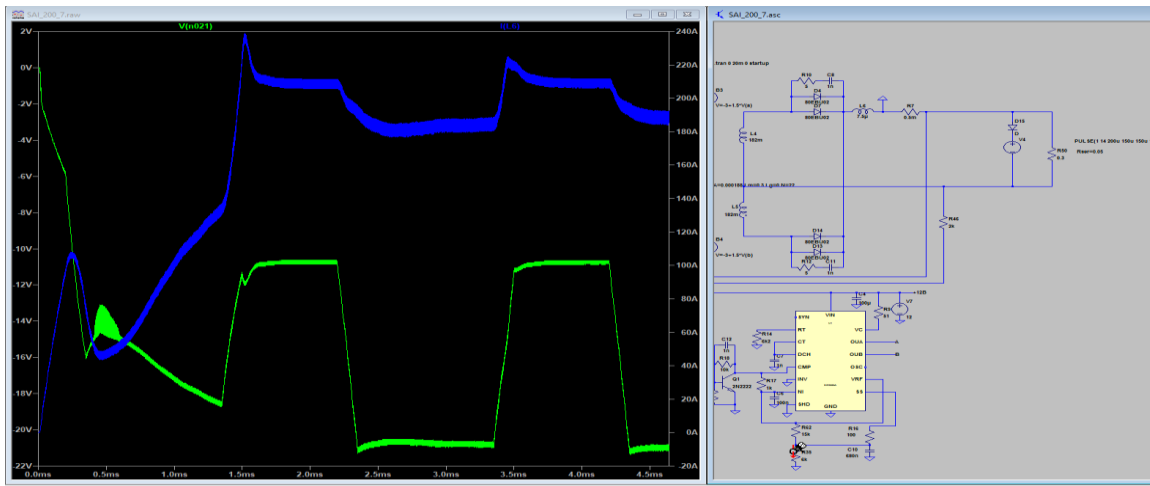
В результате исследований образцовой модели и визуального исполнения испытываемых узлов платы получен результат по режимам работы, отработаны разные смоделированные ситуации, и проведена работа по устранению замечаний. Адаптировано и исследовано техническое

устройство блока питания для отработки практических навыков обучающихся с использованием рабочего образца понижающего модуля [8, 9].

Разработка и испытания были осуществлены с помощью ПО EasyEDA. Результаты испытаний показаны на рис. 2 и 3.



а



б

в

Рис. 2. Результаты, полученные при моделировании испытаний ПУ: а – скорость открытия ключей; б – ток открытия затвора; в – часть схемы согласования тока

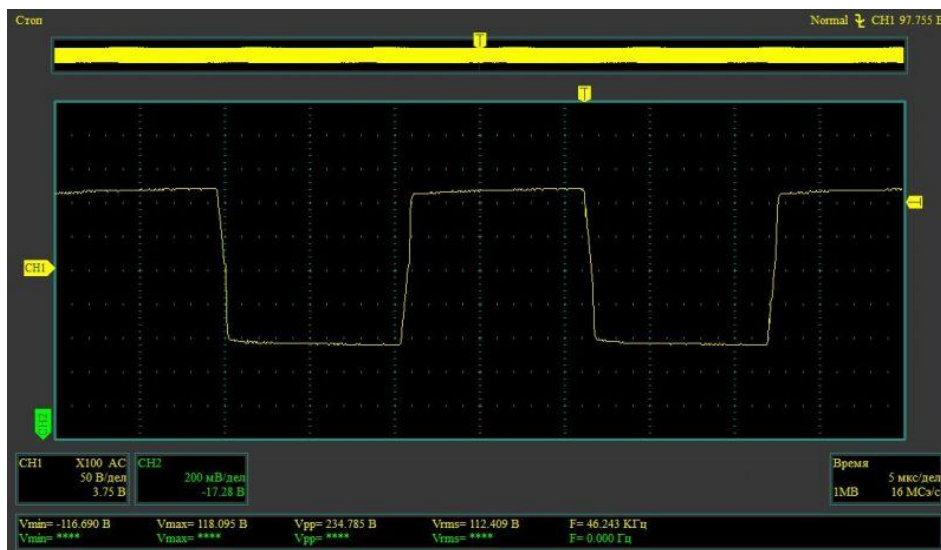


Рис. 3. Частота работы ШИМ-контроллера в нормальном режиме

В целом испытания прошли успешно, установка подтвердила свою функциональность, выходные контакты сохранили свою работоспособность, и стандартное сопротивление контактов осталось в пределах нормы.

Полученные результаты испытаний в номинальных режимах и характеристики испытаний при моделировании работы асинхронного двигателя ТСЭ (рис. 2 и 3) позволили оценить выходные параметры системы и выявить замечания и проблемы. После устранения этих замечаний возможен переход к следующему этапу разработки и создания готового прототипа устройства на основе полученных данных [10].

Стоит отметить, что универсальные блоки питания также могут быть использованы для ремонта устройств технической периферии. Обычной задачей универсального блока питания является постоянное электроснабжение судовых радиоустройств необходимой мощностью. Исследования универсального блока питания подтвердили работоспособность устройства, а также определили его значение в вопросах обеспечения надежности и безопасности эксплуатации радиооборудования в судовых условиях [11, 12].

Уровень ответственности корабельного блока питания требует большой надежности радиоэлементов управления блоком питания. При этом важную роль в обеспечении качественной эксплуатации блока питания и надежности его работы играют навыки радиоспециалистов с соответствующим уровнем их подготовки.

### Литература

1. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты / Международная морская организация. – Лондон: ИМО, 2013. – 413 с.
2. Белов О.А., Толстова Л.А. Моделирование процесса обучения курсантов для формирования навыков технической эксплуатации // Вестник Государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. – 2016. – № 3 (16). – С. 78–81.
3. Белов О.А. Оценка технической готовности системы с учетом влияния человеческого фактора // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2014. – № 30. – С. 11–16.
4. Молочкова И.Д. Тренажерная подготовка. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. – 26 с.
5. Молочкова И.Д. Автоматизация судовой электростанции. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. – 84 с.
6. Белов О.А. Техническое обеспечение морских судов как фактор эффективной и безопасной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Четвертой междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 5–9.
7. Белов О.А. Аналитический обзор факторов эффективной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы междунар. науч.-техн. конф.: в 2-х частях. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 5–9.
8. Сивоконь В.П., Лапшов Д.В., Белов О.А. Диагностические признаки нестандартного проявления нелинейности в электрических сетях // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2019. – № 48. – С. 18–27.
9. Белов О.А. Интегрированные системы технической диагностики электроустановок // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2013. – № 25. – С. 5–8.
10. Белов О.А., Марченко А.А., Труднев С.Ю. Анализ расчетно-аналитических методов прикладных задач технической безопасности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 4. – С. 7–15.
11. Белов О.А., Зайцев С.А. К вопросу оценки безопасности морских судов камчатского флота // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое. Материалы X Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – С. 80–83.
12. Пантина А.И., Белов О.А. Контроль технического состояния судовых асинхронных двигателей на основе характеристик внешнего электромагнитного поля // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2017. – Т. 13, № 1. – С. 32–36.

УДК 621.311:656.6

**Л.А. Толстова, А.С. Богомолов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: alexx201476@gmail.com*

### **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

В данном материале изложены общие сведения о устройстве защиты судового электрооборудования и его предназначении. Описано устройство и задачи релейной защиты на судах, а также ее недостатки. Приведено обоснование целесообразности внедрения более современного вида защиты судового электрооборудования – микропроцессорной, описаны ее преимущества перед морально устаревшей релейной защитой. Приведены внешние виды устройств.

**Ключевые слова:** релейная защита, микропроцессорная защита, надежность, задачи защиты, внедрение, интеграция.

**L.A. Tolstova, A.S. Bogomolov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: alexx201476@gmail.com*

### **PROMISING DIRECTIONS FOR IMPROVING ELECTRICAL PROTECTION OF MARINE ELECTRICAL EQUIPMENT**

This material provides general information about the protection device for ship electrical equipment and its purpose. The structure and tasks of relay protection on ships, as well as its shortcomings, are described. A justification for the feasibility of introducing a more modern type of protection for ship electrical equipment - microprocessor-based is given. The advantages over obsolete relay protection are described. External views of the devices are shown.

**Key words:** relay protection, microprocessor protection, reliability, protection tasks, implementation, integration.

В настоящее время в разных отраслях мореходства (рыбный промысел, грузоперевозки, туризм, военные нужды) остро стоит вопрос защиты судового электрооборудования во избежание непредвиденных поломок и неисправностей, что может повлечь за собой далеко идущие негативные последствия: убытки – в случае выхода из строя какого-либо оборудования, а в особо опасных случаях и потерю судна, гибель экипажа. Устройства защиты судового электрооборудования представляют собой различного рода специальные приборы и устройства для защиты судового оборудования от разных типов угроз и аварий: короткого замыкания, перегрузок, перегрева оборудования и т. д. Также любая защита должна обладать особыми требованиями – быстродействием, надежностью, чувствительностью и селективностью. Помимо этого, устройствам защиты желательно обладать световой и звуковой сигнализацией, реагирующей на различные виды неисправностей. В данном материале будут рассмотрены два наиболее распространенных на сегодняшний день типа защиты судового электрооборудования – релейная и микропроцессорная.

На сегодняшний день, несмотря на устарелость, массово используется защита, основанная на использовании электромеханических реле. Релейная защита представляет комплекс устройств, задачей которого является постоянный контроль судового электрооборудования на предмет выхода элементов из строя или уже поврежденных элементов сети и, соответственно, их оперативное отключение от общей сети [1, 2].

В состав релейной защиты входят три основные части, действующие друг за другом: *измерительная* – целью которой является бесперебойный контроль наблюдаемого оборудования, а в случае выхода из строя или аварии подачи сигнала на следующую часть, *логическая* – принимающая и обрабатывающая полученные от измерительной части сигналы, в свою очередь подавая сигнал на *управляющую* часть – приводящую в действие входящие в систему релейной защиты различные устройства и приборы, например, реле для отключения аварийного оборудования от сети для предотвращения повреждений другого, все еще функционирующего оборудования во избежание каскадного отказа электрических элементов судна [3, 4].

Общий вид реле защиты двигателя представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид реле защиты двигателя

На сегодняшний день существует большое разнообразие видов релейной защиты, которые обеспечивают разного рода защиту, к примеру, защиту от обратного тока, обратной мощности, защиту от минимального напряжения и многого другого.

Несмотря на то, что релейная защита и является надежным средством защиты судового электрооборудования, она также обладает и рядом недостатков, к которым относятся:

1. *Малая или избыточная чувствительность.* В определенных ситуациях релейная защита может не обладать должной чувствительностью, что в итоге может привести к аварийной ситуации вследствие необнаружения различных аварий и, наоборот, может привести к срабатыванию и отключения элемента от сети в случае непреднамеренного срабатывания устройства защиты при показаниях, близких к максимально разрешенным.

2. *Габариты.* Размер релейной защиты судового электрооборудования соответственно зависит от размеров оборудования. Вследствие этого электрооборудование большего размера требует массивные элементы защиты, что негативно сказывается на эргономике защиты оборудования судна.

3. *Стоимость пропорционально размерам.* Данный минус прямо вытекает из предыдущего пункта. Большой размер элементов защиты подразумевает большие затраты как на покупку и установку, так и на обслуживание. Следовательно, релейная защита условного судового генератора высокой мощности будет дорогостоящей.

4. *Недостаточное время срабатывания.* Критичный минус, присущий релейной защите. Не обладая должным временем срабатывания, релейная защита может не успеть отключить аварийное оборудование от сети, что впоследствии может привести к постепенному выходу из строя большего числа электрооборудования.

5. *Большое число отдельных компонентов.* Характерно для релейной защиты большого размера и может затруднить ремонт или замену элементов защиты в случае выхода их из строя. Несвоевременный ремонт же может привести к аварийной ситуации.

На данный момент, несмотря на явно выраженные недостатки релейной защиты, что были описаны выше, а также устарелость технологии, релейная защита и по сей день не теряет своей

актуальности и более того продолжает модернизироваться. Целью этих модернизаций является снижение или вовсе полная ликвидация недостатков данного вида защиты.

Но с течением времени релейная защита получила свое прямое продолжение. Микропроцессорная защита – современный тип защиты, внедряемый для защиты судового электрооборудования, выполняет абсолютно те же функции и обладает теми же особыми требованиями, что и релейная защита [5, 6].

Общий вид микропроцессорного устройства защиты представлен на рис. 2.

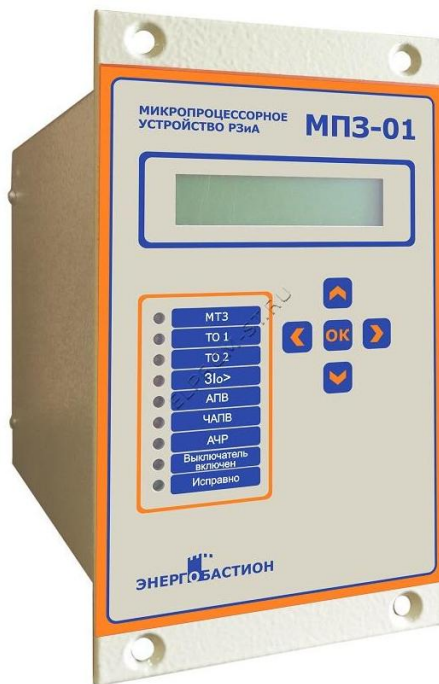


Рис. 2. Общий вид микропроцессорного устройства защиты

В отличие от релейной защиты микропроцессорная имеет заметные конструктивные отличия. Отказ от массивных электромеханических реле позволил серьезно уменьшить размер элементов защиты. Наличие дисплея, а также кнопок позволяет с легкостью управлять параметрами защиты в реальном времени, что крайне полезно. Данный вид защиты судового электрооборудования обладает большим перечнем преимуществ. Некоторые из этих преимуществ представлены ниже:

1. *Наблюдение и контроль параметров в реальном времени.* Из указанных выше конструктивных особенностей микропроцессорная защита крайне удобна в использовании и для своей эксплуатации не требует продвинутого уровня знаний у экипажа. Помимо этого, постоянный контроль за параметрами позволяет операторам своевременно реагировать на изменения показателей на дисплее [7].

2. *«Обучаемость» микропроцессорной защиты.* Под обучаемостью подразумевается способность микропроцессорной защиты анализировать и записывать в своей памяти предыдущие аварийные ситуации и в будущем позволяет заранее определить причину аварии и предотвратить ее еще до того, как эта аварийная ситуация возникла [8].

3. *Программируемость.* Данный параметр крайне сильно увеличивает гибкость защиты. Член экипажа, обладающий определенными навыками программирования, может подстроить микропроцессорную защиту под разные требуемые задачи.

4. *Высокий уровень точности.* Главным отличием и преимуществом над релейной защитой является высокий уровень точности. В тех ситуациях, когда электромеханическая релейная защита может либо сработать в неподходящий момент, либо же не сработать вообще, микропроцессорная защита вследствие характера своей работы сработает моментально и только в нужный операторам момент времени.

Естественно, микропроцессорная защита судового электрооборудования вместе с преимуществами обладает и рядом недостатков. К ним относятся высокая стоимость оборудования

вследствие сложности процесса изготовления, в отдельных случаях необходимы специфицированные знания и навыки тех членов экипажа, что занимаются настройкой и ремонтом микропроцессоров, низкая ремонтпригодность – так как обычно ремонт вышедшего из строя микропроцессора подразумевает под собой полную замену материнской платы, что затратно и в условиях морского рейса не всегда возможно. Особо выделяется совершенно новая разновидность угрозы, нехарактерная для электромеханических реле защиты, – возможность кибератак на микропроцессоры с желанием нанести убытки судовладельцу и компании или же в качестве акта терроризма. Однако преимущества и удобство микропроцессорной защиты судового электрооборудования перевешивают все недостатки как микропроцессорной защиты, так и преимущества электромеханической релейной защиты.

Исходя из вышеуказанного, внедрение микропроцессорной защиты или же модернизация электромеханической релейной защиты с помощью микропроцессоров имеет под собой основание и видится крайне перспективным и прогрессивным развитием систем защиты судового электрооборудования.

Избавление от массивных реле защиты, не обеспечивающих должный уровень защиты, позволяет серьезно освободить место под установку другого оборудования, а их простота работы, функциональность, надежность при отсутствии необходимости большого штата эксплуатационного персонала положительно сказывается на экономической составляющей судовладельцев и компаний промысловых и транспортных компаний. В случае же военного судна это позволяет разгрузить экипаж или же поручить эксплуатационникам иные задачи [9].

### Литература

1. Белов О.А. Техническое обеспечение морских судов как фактор эффективной и безопасной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Четвертой междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 5–9.

2. Белов О.А., Мясников Г.С. Внедрение комплексной защиты судовых асинхронных электроприводов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 73–76.

3. Кротенко Д.С., Белов О.А. Моделирование процессов оптимизации режимов судовой электроэнергетической системы при электропитании от береговой сети // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 77–80.

4. Белов О.А. Аналитический обзор факторов эффективной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2-х частях. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 5–9.

5. Сивоконь В.П., Лапшов Д.В., Белов О.А. Диагностические признаки нестандартного проявления нелинейности в электрических сетях // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2019. – № 48. – С. 18–27.

6. Гераськин А.К., Белов О.А. Дефектация и настройка судовых автоматических выключателей способом моделирования электромагнитного поля // Образование, наука и молодежь – 2017: Материалы науч.-практ. конф. – Керчь: Керченский государственный морской технологический университет, 2017. – С. 162–166.

7. Пантина А.И., Белов О.А. Контроль технического состояния судовых асинхронных двигателей на основе характеристик внешнего электромагнитного поля // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2017. – Т. 13, № 1. – С. 32–36.

8. Белов О.А., Марченко А.А., Труднев С.Ю. Анализ расчетно-аналитических методов прикладных задач технической безопасности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 4. – С. 7–15.

9. Белов О.А. Интегрированные системы технической диагностики электроустановок // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2013. – № 25. – С. 5–8.



УДК 621.313.33

**К.Р. Федосеев, Н.С. Рябовол, Г.С. Мясников, О.А. Белов**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: kletn@yandex.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В КРАТКОВРЕМЕННОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ С НОМИНАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ**

Основным источником механической мощности для большинства судовых механизмов является асинхронный электропривод. Обеспечение эффективной и надежной работы судовых электроприводов является важной и актуальной задачей. Решение этой задачи усложняется многообразием режимов работы современных электроприводов. Исследование тепловых процессов в асинхронном электроприводе позволяет определить оптимальные параметры мощности при выборе электродвигателя, а также обеспечить эффективную тепловую защиту электропривода. Кратковременный режим работы является специфичным режимом для целого ряда судовых силовых электроприводов. В данной статье проводится анализ тепловых процессов в кратковременном режиме работы асинхронного электропривода при номинальной нагрузке. Исследования выполнялись на специально разработанном стенде в лабораторных условиях.

**Ключевые слова:** асинхронный электропривод, режим работы электропривода, тепловые процессы, электрическая защита, эффективность, надежность.

**K.R. Fedoseev, N.S. Ryabovol, G.S. Myasnikov, O.A. Belov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: kletn@yandex.ru*

## **RESEARCH OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR THERMAL PROCESSES IN A SHORT-TERM OPERATION AT RATED LOAD**

The main source of mechanical power for most ship machinery is an asynchronous electric drive. Ensuring efficient and reliable operation of ship electric drives is an important and urgent task. The solution to this problem is complicated by the variety of operating modes of modern electric drives. The study of thermal processes in an asynchronous electric drive makes it possible to determine the optimal power parameters when choosing an electric motor, as well as to provide effective thermal protection of the electric drive. Short-term operating mode is a specific mode for a number of marine power electric drives. This article analyzes thermal processes in the short-term operating mode of an asynchronous electric drive at rated load. The studies were carried out on a specially designed stand in laboratory conditions.

**Key words:** asynchronous electric drive, electric drive operating mode, thermal processes, electrical protection, efficiency, reliability.

Характер тепловых процессов в асинхронном электродвигателе зависит от величины полных потерь (основных и дополнительных от высших гармоник напряжения), установленных величин нагрузки, закона регулирования, а также от условий охлаждения и режима работы электропривода. Таким образом, тепловое состояние, т. е. температура отдельных частей двигателя представляет собой функцию многих параметров [1].

Нагрев двигателя происходит за счет потерь, которые возникают в нем при преобразовании электрической энергии в механическую. Электрические потери (в меди) вызывают нагрев обмоток, магнитные потери – нагрев стали ротора и статора; механические – подшипников, поверхности ротора и всех частей, где происходит трение.

Особое значение имеет нагрев изоляции обмоток. Мощность двигателя должна быть выбрана такой, чтобы он всегда работал при температуре, допустимой для класса изоляции, используемой

в данном двигателе. Перегревание обмоток на 8–10 градусов выше допустимой температуры изоляции вызывает интенсивное ее старение и снижение срока службы некоторых видов изоляции в два раза. Недопустимым является даже кратковременное превышение предельно допустимой температуры для данного класса изоляции, поскольку это приводит к ее разрушению [2].

Для построения эффективной тепловой защиты электропривода требуется соответствующая информация о тепловых процессах, протекающих в электродвигателе в различных режимах его работы. Так же данная информация необходима при выборе эффективного электропривода для конкретного механизма [3].

Режимы работы электродвигателей – это определенный порядок чередования периодов, который характеризуется продолжительностью и величиной нагрузки, условиями охлаждения, частотой пуска и охлаждений, частотой реверса и соотношениями потерь в периоды установившегося движения и пуска.

Кратковременный режим работы электродвигателя (S2) характеризуется непродолжительным рабочим периодом (по стандартам 10, 30, 60, 90 мин) без нагрева двигателя до установившейся температуры с последующим его охлаждением во время паузы до температуры окружающей среды. В паспорте двигателя указывается продолжительность рабочего периода (например, S2 – 60 мин).

Согласно ГОСТ 183-74 номинальный режим работы электрических машин должен соответствовать графику для кратковременного режима, представленному на рис. 1.

Лабораторный стенд позволяет моделировать различные режимы работы электропривода, изменять величину нагрузки, условия охлаждения и регистрировать температуру электродвигателя в процессе работы. Регистрируется температура обмотки статора (кривая 1 на рис. 2) и температура корпуса статора (кривая 2 на рис. 2). Графики строились в программе Owen Process Manager [4].

Исследование кратковременного режима работы асинхронного электропривода проводилось при номинальной нагрузке в 100%. Номинальная сила тока статора в исследуемом электродвигателе составляет 4 А. Опыты для кратковременного режима работы электродвигателя проводились для периодов с продолжительностью работы согласно стандарту 10, 30, 60 и 90 мин с последующим его охлаждением во время паузы до температуры окружающей среды. Интервал между опытами также определялся временем охлаждения двигателя до температуры окружающей среды.

Перед началом первого опыта стенд двое суток простоял в закрытом помещении, начальная температура окружающей среды составила 22°C. При последующих включениях и опытах температура окружающей среды составляла около 24°C.

Опыт для кратковременного режима работы электродвигателя с продолжительностью работы 10 мин проводился с тремя включениями. В остальных опытах количество включений определялось целесообразностью повторения.

На рис. 2 представлены результаты исследования тепловых процессов в статоре асинхронного электропривода в кратковременном режиме работы при номинальной нагрузке с продолжительностью периода включения 10 мин. Количество включений – три.

Максимальная температура в данном режиме работы составила 36,3°C на корпусе статора и 34,1°C в статорной обмотке. При первом включении более низкая температура в конце периода работы обусловлена соответствующими начальными условиями опыта. Время охлаждения электродвигателя до температуры окружающей среды составило 24 мин. Разница температур в контрольных точках незначительная, на максимуме составляет 2,2°C. При этом более интенсивный рост температуры наблюдается на корпусе статора, что обусловлено большими магнитными потерями. Снижение температуры во время паузы также более интенсивно происходит на поверхности статора из-за лучших условий охлаждения [5].

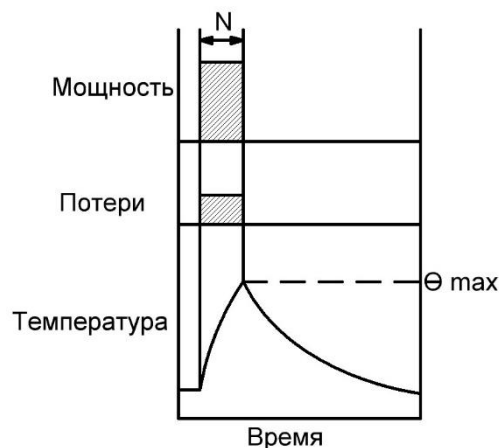


Рис. 1. График кратковременного режима работы согласно ГОСТ 183-74

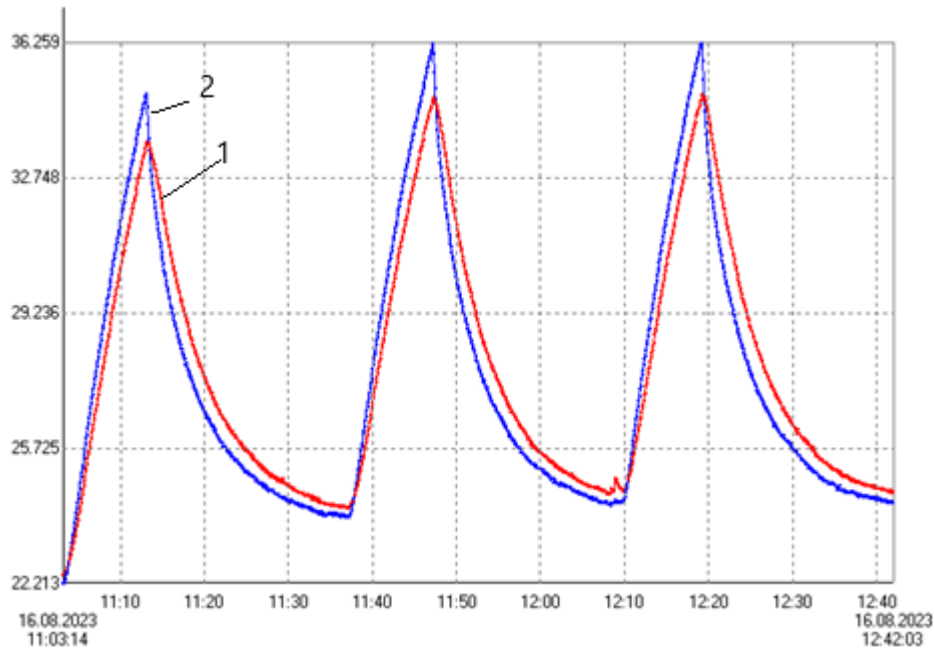


Рис. 2. Температурные кривые асинхронного электропривода в кратковременном режиме работы при номинальной нагрузке с продолжительностью периода 10 мин

На рис. 3 представлены результаты исследования тепловых процессов в статоре асинхронного электропривода в кратковременном режиме работы при номинальной нагрузке с продолжительностью периода включения 30 мин. Количество включений – два.

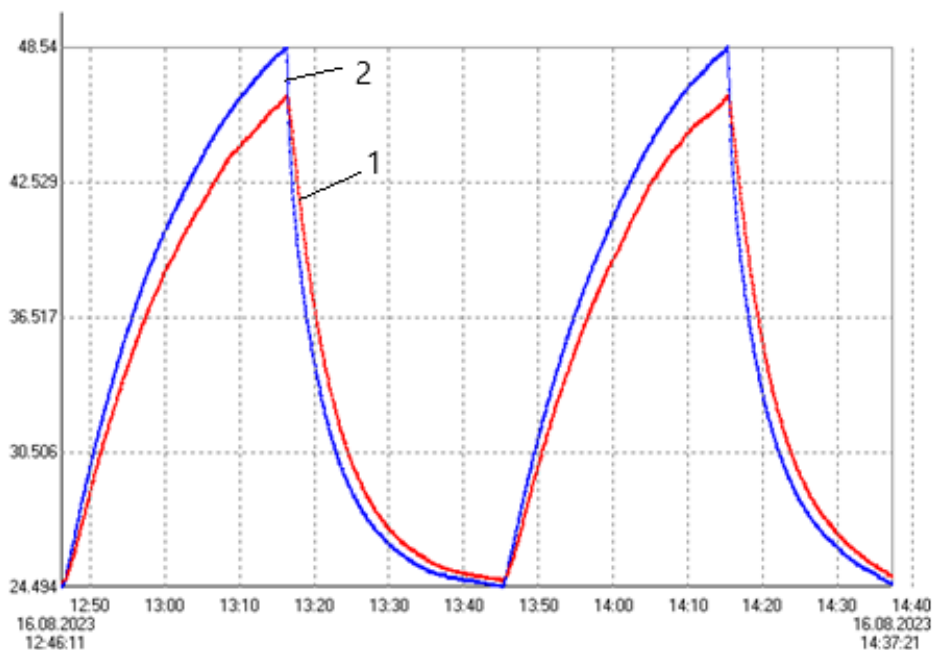


Рис. 3. Температурные кривые асинхронного электропривода в кратковременном режиме работы при номинальной нагрузке с продолжительностью периода 30 мин

Максимальная температура в данном режиме работы составила 48,5°C на корпусе статора и 46,1°C в статорной обмотке. Время охлаждения электродвигателя до температуры окружающей среды составило 29 мин. Разница температур в контрольных точках незначительная, на максимуме составляет 2,5°C. При этом более интенсивный рост температуры наблюдается на корпусе статора, что обусловлено большими магнитными потерями. Снижение температуры во время паузы также более интенсивно происходит на поверхности статора из-за лучших условий охлаждения.

На рис. 4 представлены результаты исследования тепловых процессов в статоре асинхронного электропривода в кратковременном режиме работы при номинальной нагрузке с продолжительностью периода включения 60 мин. Количество включений – одно. Уменьшение количества включений обусловлено полученной информацией из предыдущих опытов, согласно которой график будет повторяться с каждым циклом.

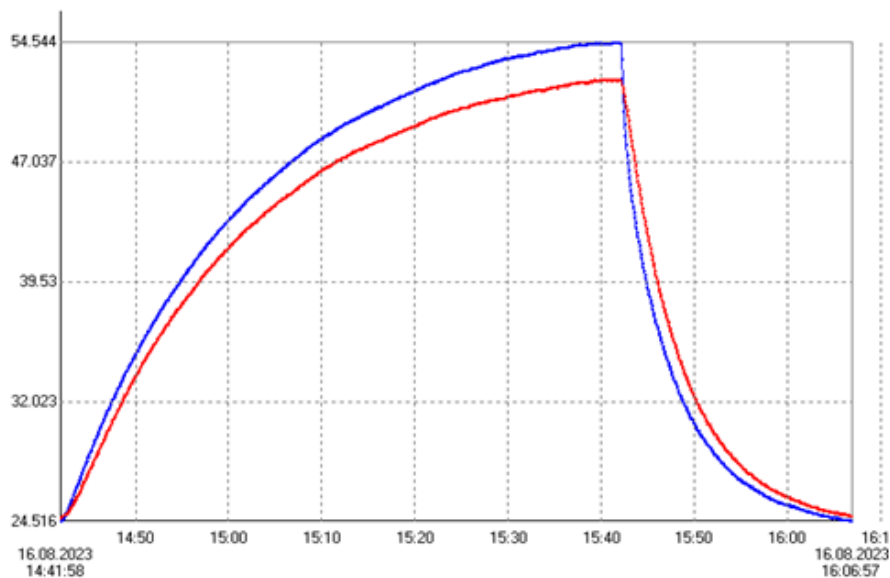


Рис. 4. Температурные кривые асинхронного электропривода в кратковременном режиме работы при номинальной нагрузке с продолжительностью периода 60 мин

Максимальная температура в данном режиме работы составила 54,5°С на корпусе статора и 51,1°С в статорной обмотке. Время охлаждения электродвигателя до температуры окружающей среды составило 25 мин. Разница температур в контрольных точках незначительная, на максимуме составляет 2,5°С. При этом более интенсивный рост температуры наблюдается на корпусе статора, что обусловлено большими магнитными потерями. Снижение температуры во время паузы также более интенсивно происходит на поверхности статора из-за лучших условий охлаждения.

На рис. 5 представлены результаты исследования тепловых процессов в статоре асинхронного электропривода в кратковременном режиме работы при номинальной нагрузке с продолжительностью периода включения 90 мин. Количество включений – одно.

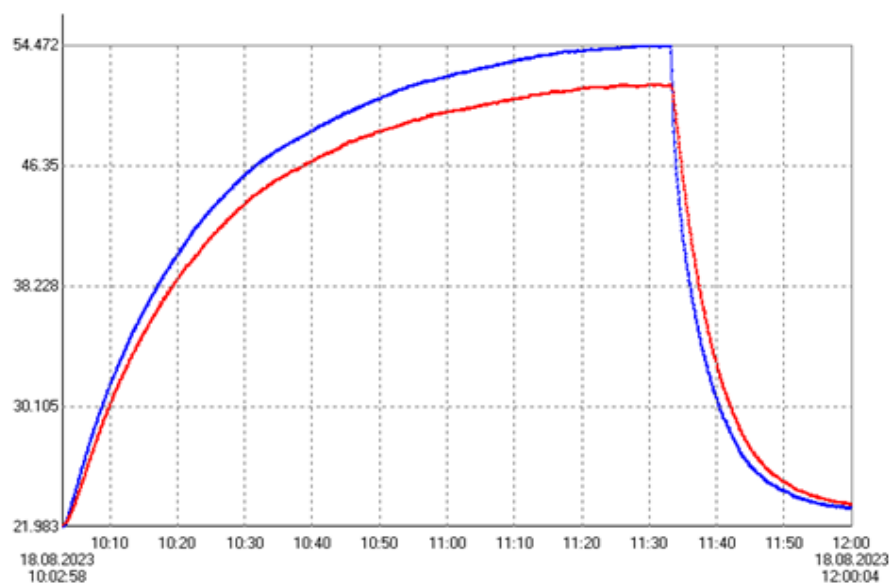


Рис. 5. Температурные кривые асинхронного электропривода в кратковременном режиме работы при номинальной нагрузке с продолжительностью периода 90 мин

В данном режиме работы максимальная температура составила 54,5°C на корпусе статора и 51,3°C в статорной обмотке. Разница температур в контрольных точках в сравнении с предыдущими опытами увеличилась и составила на максимуме 3,2°C. Время охлаждения электродвигателя до температуры окружающей среды составило 22 мин. При этом более интенсивный рост температуры наблюдается на корпусе статора, что обусловлено большими магнитными потерями. Снижение температуры во время паузы также более интенсивно происходит на поверхности статора из-за лучших условий охлаждения.

Также следует отметить, что за период времени в 90 мин температура в контрольных точках стабилизируется, и ее рост прекращается. Как видно на графике, температурные кривые становятся более пологими, что практически соответствует длительному режиму работы с установившейся температурой в контрольных точках статора [6].

Сравнительный анализ полученных характеристик позволяет сделать следующие выводы:

1. Температурные кривые кратковременного режима работы с номинальной нагрузкой, представленные на рис. 2–5, соответствуют графику кратковременного режима работы согласно ГОСТ 183-74.

2. Значение максимальной температуры увеличивается при увеличении периода включения электропривода. В режиме включения 60 мин наблюдается начало процесса стабилизации температуры, а в режиме включения 90 мин происходит стабилизация теплового процесса асинхронного электропривода, и график данного режима практически соответствует длительному режиму работы. Время охлаждения электродвигателя до температуры окружающей среды в большей степени определяется условиями охлаждения.

3. Данные, полученные в результате исследования кратковременного режима работы асинхронного электропривода, можно использовать при разработке, настройке и отладке элементов защиты и управления судовыми асинхронными электроприводами.

### Литература

1. *Осташевский Н.А., Петренко А.Н.* Математическая модель теплового состояния частотно-управляемого асинхронного двигателя в стационарных режимах // Проблемы дорожного электропривода. Теория и практика: Тематический выпуск научно-технического журнала «Электроинформ». – 2009. – С. 266.

2. *Белов О.А.* Общий алгоритм развития опасных ситуаций в судовых условиях // Наука, образование, инновации: пути развития: Материалы Восьмой всерос. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. – С. 51–54.

3. *Рябинин И.А., Парфенов Ю.М.* Надежность, живучесть и безопасность корабельных электроэнергетических систем. – СПб.: ВМА, 1997. – 430 с.

4. *Белов О.А.* Методология оценки технического состояния электрооборудования при развитии параметрических отказов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 3. – С. 96–102.

5. *Пантина А.И., Белов О.А.* Контроль технического состояния судовых асинхронных двигателей на основе характеристик внешнего электромагнитного поля // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2017. – Т. 13, № 1. – С. 32–36.

6. *Новицкий П.В., Зограф И.А.* Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 247 с.

УДК 621.316.57:656.6

**М.С. Филатов, А.С. Горбанева**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: filatovmihail41@gmail.com*

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ СУДОВЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ**

Автоматические выключатели имеют важное значение в обеспечении защиты отдельных потребителей, а также в обеспечении устойчивости электроэнергетической системы судна в целом. Качественная оценка технического состояния и диагностика судовых автоматических выключателей с последующим восстановлением их работоспособности являются актуальной задачей. В статье рассматривается организация диагностики и дефектовки автоматических выключателей на примере конкретного судового оборудования. Приведены результаты анализа диагностики автоматических выключателей и используемого при этом оборудования.

**Ключевые слова:** автоматический выключатель, диагностика, техническая эксплуатация, распределительный щит, калибровка, электрическая защита, электрическая цепь, короткое замыкание.

**M.S. Filatov, A.S. Gorbaneva**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: filatovmihail41@gmail.com*

## **ORGANIZATION OF SHIP CIRCUIT BREAKERS DIAGNOSTICS**

Circuit breakers are important in ensuring the protection of individual consumers, as well as in ensuring the stability of the ship electrical power system as a whole. Qualitative assessment of the technical condition and diagnostics of ship circuit breakers with subsequent restoration of their performance is an urgent task. The article discusses the organization of diagnostics and troubleshooting of circuit breakers using the example of specific ship equipment. The results of an analysis of the diagnostics of circuit breakers and the equipment used are presented.

**Key words:** circuit breaker, diagnostics, technical operation, distribution board, calibration, electrical protection, electrical circuit, short circuit.

Основной функцией судовых автоматических выключателей в электрической сети является своевременное автоматическое отключение аварийного участка в цепи в случае короткого замыкания, что обеспечивает защиту как отдельных потребителей, создавая возможность их дальнейшего использования по назначению, так и защиту электроэнергетической системы в целом, сохраняя ее качественное функционирование [1, 2].

До настоящего времени на судах широко применяются автоматические выключатели серии АМ и ВА, в которых основным элементом максимальной токовой защиты (МТЗ) является реле тока [3].

Как известно, судовое электрооборудование используется в неблагоприятных для работы условиях, где оно подвергается быстрому износу и выходу из строя из-за влаги, солей и других реагентов, а также этому подвергаются и автоматические выключатели. Качество восстановления работоспособности распределительных устройств во многом определяется тем, как производится оценка технического состояния и диагностика судовых автоматических выключателей [4, 5].

Организация диагностики автоматических выключателей рассматривается на примере ремонтно-восстановительных работ на судовых щитах освещения, силовых щитах питания и щитах групповых энергетического оборудования. Работы проводились во время учебной практики на АО СВРЦ (Северо-восточный ремонтный центр).

Распределительные щиты являются комплектными устройствами и в зависимости от конфигурации сети комплектуются различным количеством автоматических выключателей соответствующих параметров. В качестве примера приводится комплектация трех различных видов судовых электрических щитов.

Электрический щит освещения ЩО 21Я заводской номер № 1819 укомплектован однотипными автоматическими выключателями АК-50Б 2МГ ОМЗ-10А в количестве 6 штук.

Электрический щит силовой ЩРС 13 заводской номер № 144309 включает в себя:

- автоматический выключатель А3786БР-250А (1 шт.);
- автоматический выключатель А3776БР-160А (3 шт.);
- автоматический выключатель А3776БР-63А (1 шт.);
- автоматический выключатель АК50Б-3МГ ОМЗ-5А (1 шт.);
- автоматический выключатель АК50Б-3МГ ОМЗ-16А (2 шт.);
- автоматический выключатель АК50Б-3МГ ОМЗ-20А (1 шт.);
- автоматический выключатель АК50Б-3МГ ОМЗ-25А (2 шт.);
- автоматический выключатель АК50Б-3МГ ОМЗ-31,5А (2 шт.).

Групповой распределительный щит машинного отделения ЩР 65П заводской номер № 144304 имеет следующую комплектацию:

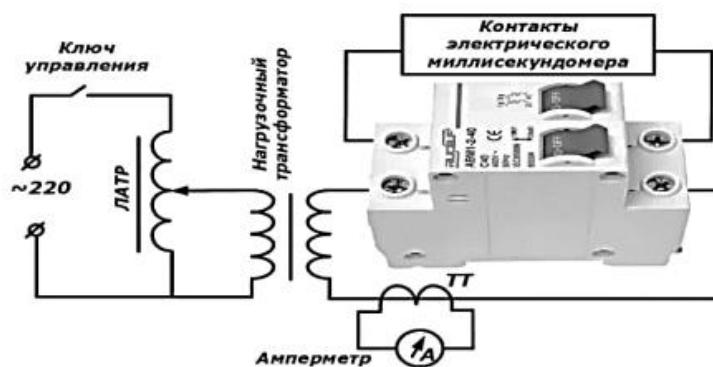
- автоматический выключатель А3776БР-160А (3 шт.);
- автоматический выключатель АК50Б-3МГ ОМЗ-5А (4 шт.).

Организация оценки технического состояния и диагностики судовых автоматических выключателей выполняется в определенной последовательности и включает в себя следующие этапы:

- производится демонтаж автоматических выключателей.
- проводится визуальный осмотр;
- проверяется соответствие роду тока, числу полюсов;
- проверяется качество антикоррозионных и эмалевых покрытий;
- определяется прочность изоляции;
- проверяются фиксация положений, четкость работы выключателя.

Согласно требованиям Регистра [6], осуществляющего в том числе контроль безопасности мореплавания, периодически должна осуществляться проверка и настройка (калибровка) максимальной токовой защиты. Для этого используются специализированные стенды, способные генерировать и регулировать контрольные токи значением в сотни и тысячи ампер [7, 8].

Таким образом, последующие испытания и диагностика автоматического выключателя производятся на специальной диагностической установке «Стенд испытаний электрических машин» (СИЭМ). Функциональная схема диагностической установки СИЭМ представлена на рисунке.



Функциональная схема диагностической установки СИЭМ

Проверка производилась путем подключения на контакты автомата линий фазы и нейтрали, а остальные контакты соответственно замыкаются общей шиной, после чего через ключ управления установка подключается к источнику тока. В соответствии с ГОСТ при 80%-ной нагрузке выключатель должен сработать по истечению 0,2 с. Замена автоматических выключателей производится после их диагностики на СИЭМ. Общие результаты испытаний автоматических выключателей выборочно представлены в таблице.

## Протокол испытаний

№ п/п	Тип выключателя	Визуальный осмотр, проверка на соответствие роду тока, числу полюсов, величины уставки срабатывания, комплектность	Проверка качества антикоррозийных и эмалевых покрытий (визуально)	Проверка прочности изоляции переменным током с частотой 50 Гц в течение 1 мин, величина приложенного напряжения 2 кВ	Проверка фиксации положений, четкость работы выключателя (10–15 вкл/откл)	Сопротивление изоляции, МОм (требуемое значение не менее 100 МОм)	Ток 6 In Время срабатывания (с) (2–20 с)
1	Выключатель автоматический АК-50Б-3МГ ОМЗ, 50 Гц, 10А, 12 In	Без видимых дефектов, соответствует номиналам, укомплектован	Удовлетворительное	Испытание выдержал	Испытание выдержал	236	11
2	Выключатель автоматический АК-50Б-3МГ ОМЗ, 50 Гц, 10 А, 12 In	Без видимых дефектов, соответствует номиналам, укомплектован	Удовлетворительное	Испытание выдержал	Испытание выдержал	159	10
3	Выключатель автоматический АК-50Б-3МГ ОМЗ, 50 Гц, 10 А, 12 In	Без видимых дефектов, соответствует номиналам, укомплектован	Удовлетворительное	Испытание выдержал	Испытание выдержал	125	11
4	Выключатель автоматический АК-50Б-3МГ ОМЗ, 50 Гц, 10А, 12 In	Без видимых дефектов, соответствует номиналам, укомплектован	Удовлетворительное	Испытание выдержал	Испытание выдержал	129	14
5	Выключатель автоматический АК-50Б-3МГ ОМЗ, 50 Гц, 5 А, 12 In	Без видимых дефектов, соответствует номиналам, укомплектован	Удовлетворительное	Испытание выдержал	Испытание выдержал	350	9
6	Выключатель автоматический АК-50Б-3МГ ОМЗ, 50 Гц, 16 А, 10 In	Без видимых дефектов, соответствует номиналам, укомплектован	Удовлетворительное	Испытание выдержал	Испытание выдержал	325	11
7	Выключатель автоматический АК-50Б-3МГ ОМЗ, 50 Гц, 16 А, 10 In	Без видимых дефектов, соответствует номиналам, укомплектован	Удовлетворительное	Испытание выдержал	Испытание выдержал	273	4
8	Выключатель автоматический АК-50Б-3МГ ОМЗ, 50 Гц, 20 А, 8 In	Без видимых дефектов, соответствует номиналам, укомплектован	Удовлетворительное	Испытание выдержал	Испытание выдержал	307	7
9	Выключатель автоматический АК-50Б-3МГ ОМЗ, 50 Гц, 25 А, 8 In	Без видимых дефектов, соответствует номиналам, укомплектован	Удовлетворительное	Испытание выдержал	Испытание выдержал	514	12
10	Выключатель автоматический АК-50Б-3МГ ОМЗ, 50 Гц, 31,5 А, 8 In	Без видимых дефектов, соответствует номиналам, укомплектован	Удовлетворительное	Испытание выдержал	Испытание выдержал	122	14

Всего по критериям, представленным в таблице, проведена диагностика 115 автоматических выключателей. По результатам проверки отбраковано 7% автоматических выключателей. Несмотря на то, что выключатели прошли проверку, показатели сопротивления изоляции, а также время срабатывания у большинства диагностируемых автоматических выключателей имеют достаточно большой разброс. Тем не менее эти показатели автоматических выключателей входят в допустимый предел [9].

Автоматические выключатели выполняют важную роль по предотвращению выхода из строя оборудования и в обеспечении безопасности обслуживающего персонала [10]. Поскольку оборудование эксплуатируется в неблагоприятных условиях, где оно подвергается воздействию



вредных факторов окружающей среды, нужно принимать меры по предотвращению этого воздействия, а именно хранить в сухом проветриваемом помещении при определенной температуре. Также для исключения воздействия негативных факторов на производстве необходимо, исходя из условий эксплуатации оборудования, применять щиты соответствующего конструктивного исполнения и используемые автоматические выключатели установленного требованиями класса защиты.

### Литература

1. Белов О.А. Методология оценки технического состояния электрооборудования при развитии параметрических отказов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 3. – С. 96–102.
2. Белов О.А. Процесс формирования постепенного отказа в технических системах // Наука, образование, инновации: пути развития: Материалы Шестой всерос. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – С. 44–49.
3. Белов О.А. Техническое обеспечение морских судов как фактор эффективной и безопасной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Четвертой междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 5–9.
4. Белов О.А. Интегрированные системы технической диагностики электроустановок // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2013. – № 25. – С. 5–8.
5. Белов О.А., Парфенкин А.И. Системная интеграция контроля электрооборудования // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10, № 1. – С. 14–17.
6. Правила классификации и постройки морских судов. В 2 т. Т. 2 / Российский морской регистр судоходства. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2007. – 638 с.
7. Гераськин А.К., Белов О.А. Дефектация и настройка судовых автоматических выключателей способом моделирования электромагнитного поля // Образование, наука и молодежь – 2017: Материалы науч.-практ. конф. – Керчь: Керченский государственный морской технологический университет, 2017. – С. 162–166.
8. Белов О.А., Марченко А.А., Труднев С.Ю. Анализ расчетно-аналитических методов прикладных задач технической безопасности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 4. – С. 7–15.
9. Белов О.А., Мясников Г.С. Внедрение комплексной защиты судовых асинхронных электроприводов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 73–76.
10. Белов О.А. Оценка безопасности эксплуатации судовых энергетических установок // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2017. – № 42. – С. 6–10.

### СЕКЦИЯ 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 004.94:626

**Д.Э. Григорьева, Н.А. Николаева**

*Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова,  
Санкт-Петербург, 198035  
e-mail: raccoon1902@yandex.ru; nikolaevana@gumrf.ru*

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В статье рассмотрены вопросы внедрения цифровых технологий в гидротехническом строительстве. Основное внимание уделено одному из основных направлений цифровизации: 3D-моделированию, которое позволяет осуществлять работу с облаком точек, создавать 3D-чертежи, а также используется при создании 3D-модели, составляющей основу в BIM-технологии. В статье приведены различные аспекты 3D-моделирования как положительные, так и негативные. К последним относятся высокая цена оборудования для 3D-моделирования и отсутствие российских аналогов. Также приведены примеры использования 3D-моделирования при создании моделей различных гидротехнических сооружений. Рассмотрено создание комплексной 3D-модели при создании моста Рандсельва в Норвегии. Подготовительные работы по реконструкции Панамского канала также проводились при помощи 3D-моделирования. При мониторинге состояния плотины Караун в Ливане для последующей разработки 3D-модели использовалось лазерное сканирование. В России проводилось опытное лазерное сканирование голов шлюзов с целью обнаружения их разрушений. Также 3D-моделирование использовалось при создании исполнительных чертежей реконструкции ВДСК. Проанализированы результаты этих работ и их влияние на методику 3D-моделирования. Сделаны выводы о дальнейшей цифровизации отрасли гидротехнического строительства. Даны предложения внесения изменений в учебный план курса 08.03.02 «Строительство» с целью улучшения подготовки специалистов этой профессии в области цифровизации.

**Ключевые слова:** 3D-модель, 3D-чертеж, BIM-технология, гидротехническое строительство, лазерное сканирование, облако точек, промышленно-гражданское строительство, ТИМ-технология, цифровизация.

**D.E. Grigorieva, N.A. Nikolaeva**

*State University of Marine and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov,  
St. Petersburg, 198035  
e-mail: raccoon1902@yandex.ru; nikolaevana@gumrf.ru*

#### **THE USE OF 3D MODELING IN HYDRAULIC ENGINEERING**

The issues of digital technologies introduction in hydraulic engineering construction are discussed in the article. The main attention is paid to one of the main directions of digitalization: 3D modeling, which allows to work with a point cloud, to create 3D drawings and 3D models that forms the basis in BIM technology. Various aspects of 3D modeling, both positive and negative are presented. The negative aspect includes high price of 3D modeling equipment and the lack of Russian analogues. The examples of 3D modeling use in creating models of various hydraulic structures are also given. The creation of a complex 3D model in creating the Randselva Bridge in Norway is considered. The preparatory work for the Panama Canal reconstruction was also carried out using 3D modeling. When monitoring the condition of the Karaoun dam in Lebanon, laser scanning for the subsequent development of 3D model was used. The experimental laser scanning of the locks heads to detect their destruction was carried out in Russia. 3D modeling was also used in the creation of executive drawings for the VDSC reconstruction. The results of these works and their impact on the 3D modeling methodology are analyzed. The conclusions about the further digitalization of the hydraulic engineering construction industry are drawn. The proposals to amend the curriculum of the course 08.03.02 "Construction" in order to improve the training of specialists of this profession in the field of digitalization are made.

**Key words:** 3D model, 3D drawing, BIM technology, hydraulic engineering, laser scanning, point cloud, industrial and civil engineering, TIM technology, digitalization.

Последние несколько лет во всем мире, и в том числе в России, все активнее осуществляется внедрение цифровых технологий. Во многом росту цифровизации способствовала пандемия ковида, когда большинство предприятий и организаций вынуждены были вести свою работу при помощи цифровых технологий.

В строительной отрасли 3D-моделирование применяется при макетировании будущих сооружений, разработке дизайна архитектурной среды, при реставрации архитектурного наследия, как составная часть BIM-модели и т. д. Гидротехническое строительство также идет в ногу со временем. Особенно актуально 3D-моделирование для мониторинга состояния существующих гидротехнических сооружений, т. к. разрушение подобных объектов несет угрозу жизни населения и возможную экологическую катастрофу.

При гидротехническом строительстве применение технологии 3D-моделирования позволяет увидеть, как будущее сооружение впишется в окружающую среду, его внешний вид, какие изменения внесет строительство в экологию и как можно усовершенствовать будущее сооружение еще до начала строительных работ.

Но, как и любая технология, 3D-моделирование имеют ряд плюсов и минусов. Из положительных качеств это: 1) широкая область применения; 2) более высокая точность в проектировании, а впоследствии и строительства; 3) наглядный внешний вид будущего сооружения.

В то же время 3D-моделирование несет в себе и ряд негативных пунктов: 1) необходимость задействовать дополнительных специалистов; 2) небольшая вариация в строительных объектах, ограниченных размером и формой; 3) в настоящий момент рынок не может предоставить обширный выбор оборудования для 3D-моделирования.

Одним из первых примеров применения 3D-моделирования в гидротехническом строительстве является сооружение консольного моста Рандсельва в Норвегии. Этот мост длиной 634 м находится рядом с городом Хёнефосс (рис. 1). При заказе на строительство был сделан выбор в пользу применения 3D-моделирования, что позволило работать над проектом одновременно специалистам из четырех разных стран. По итогам выполнения проекта был сделан вывод, что, несмотря на сложность конструкции моста, количество правок, вносимых в процессе работы в 3D-модели, оказалось намного меньше, чем потребовалось бы вносить в 2D-чертежи. Применение 3D-моделирования также позволило создать необычное сооружение, с тонкой геометрией, сочетающее тяжелую арматуру и анкерное крепление кабеля. 3D-моделирование позволило своевременно увидеть все нестыковки и выполнить строительство этого социально значимого объекта в заданные сроки [1].

В 2009 г. Администрация Панамского канала подписала договор на строительство третьей группы шлюзов с компанией MWH Global (рис. 2). Панамский канал также относится к социально значимым объектам, эксплуатацию которых невозможно прервать. Поэтому с учетом накопленного опыта реконструкции гидротехнических сооружений подготовительные работы также проводятся с использованием 3D-моделирования.



Рис. 1. Мост Рандсельва



Рис. 2. Реконструкция Панамского канала

Компанией MWH Global были отмечены следующие положительные результаты применения 3D-моделирования:

- повышение качества проектов третьей группы шлюзов Панамского канала;
- повышение производительности и рентабельности благодаря эффективному управлению изменениями, вносимыми в проект;

- упрощение обмена данными с заказчиками и строителями благодаря возможностям визуализации.

При создании 3D-модели мониторинга состояния плотины озера Караун в Ливане (рис. 3) была выполнена съемка при помощи лазерного сканирования, технологии GPS и последующей обработки полученного облака точек [2]. При этом использовался алгоритм, примененный ранее компанией AGP при сканировании различных частей Собора Парижской Богоматери, в результате чего была получена самая полная и точная 3D-карта Нотр-Дам за всю его историю, содержащая в себе 50 миллиардов точек, что позволит восстановить здание, разрушенное пожаром.

В России также применяют технологию 3D-сканирования. Например, в апреле и мае 2010 г. «ЭЦБ ГТС «Гидротехэкспертиза» было произведено опытное лазерное сканирование голов шлюзов с целью создания чертежей разрушения бетонных поверхностей устоев голов шлюзов [3]. Лазерное сканирование голов шлюзов производилось сканирующей системой Trimble GX. В камеральных условиях для каждого шлюза отдельные облака были сшиты в единое облако точек. При сканировании использовалась цветная камера, встроенная в сканер, что позволило раскрасить точки при дальнейшей работе (рис. 4).

Также лазерное сканирование и последующее 3D-моделирование использовалось компанией «НГКИ» при создании исполнительных чертежей реконструкции и строительства второй ветки ВДСК.



Рис. 3. Плотина Караун



Рис. 4. Результаты сканирования камеры судоходного шлюза

В целом технологии 3D-моделирования все более настойчиво проникают в процесс гидротехнического строительства, как и в саму структуру строительства. Для дальнейшей цифровизации отрасли гидротехнического строительства необходимо, во-первых, детальное изучение существующего международного и отечественного опыта 3D-моделирования в строительных и смежных областях. Также необходимы значительные материально-технические ресурсы, дорогостоящее оборудование. В настоящее время остро встал вопрос о качественном программном обеспечении, приходящем на смену санкционному и ушедшему из России. Здесь будут очень интересны разработки молодых специалистов IT-технологий [4]. И особенно важны грамотные обученные специалисты, умеющие на всем этом работать.

Также 3D-моделирование является составной частью BIM-технологий, которые предусматривают несколько уровней проработки строительства. При этом трехмерная модель, полученная в результате 3D-моделирования, является основной частью BIM-проекта, хотя и не тождественной ему. Поэтому внедрение BIM- и ТИМ-технологий невозможно без дальнейшего развития технологий 3D-моделирования.

В заключение хотелось бы отметить, что грамотные специалисты, знающие современные цифровые технологии, будут востребованы во всех областях общественной жизни. Поэтому хотелось бы увидеть отдельную дисциплину, посвященную 3D-моделированию, в программе специальности 08.03.02 «Строительство», а также производственную практику в организациях, проводящих работы по 3D-моделированию. Это поможет компаниям в будущем получать максимальную отдачу от сотрудников, а также улучшит профессиональный уровень молодого специалиста.

### Литература

1. *Рыжиков В.О., Харитонова Д.М.* Фундамент новаторства: Перспективные методы проектирования студии ВІГ // Вестник МИТУ-МАСИ. – 2021 – № 3. – С. 25–29.
2. *Наануа Юсеф, Васютинская С.И.* Создание точной 3D-модели для мониторинга плотины с использованием технологии ВІМ (Информационная модель здания) // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 8. – С. 97–102.
3. *Моргунов К.П., Рябов Г.Г., Красникова М.В.* Анализ состояния конструкций шлюза № 3 Новинкинского гидроузла // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2018. – № 1. – С. 135–148.
4. *Зуева Д.И.* Новые возможности ВІМ-технологий в построении информационной модели объекта // Сборник трудов межвуз. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 40–44.

УДК 519.876.2:656.62

**А.М. Жидкова**

*Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова,  
Санкт-Петербург, 19803  
e-mail: zhidkovaam@gumrf.ru*

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ БАРЖЕ-БУКСИРНЫХ СОСТАВОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЙ ВОДНОГО ПУТИ**

Для развития технологии интеллектуального управления движением внутреннего водного транспорта необходимы элементы управления и выдачи рекомендаций при плавании по стесненным участкам и прохождении поворотов. В работе рассматриваются частные задачи моделирования взаимосвязей движения барже-буксирных составов и габаритных неоднородностей участков внутренних водных путей. Для этого из совокупности путевых точек выделяются поворотные точки, которые являются их частью, с целью формализации водного пути на участки, оказывающие однородное влияние на скорость и конфигурацию барже-буксирных составов. Под поворотной точкой понимается путевая точка, в которой судно изменяет направление движения относительно курса, заданного перед ее прохождением. Аппроксимация путевых точек производится по данным АИС относительно параметра ROT и разности параметров COG и Heading. Для моделирования прохождения составом заданного маршрута выполнена дискретизация водного пути на уровни, характеризующие поведение состава на каждом отдельном участке, сгруппированном из точек. Выделено три базовых уровня поворотных точек, в которых происходит изменение скоростных характеристик или конфигурации состава, а также метауровень, не предполагающий изменения поведения судна. Разработанная модель поворотных точек внутренних водных путей определяет рекомендованное поведение состава на каждом отдельном участке маршрута, что позволяет использовать ее в качестве одного из элементов адаптивного алгоритма организации работы внутреннего водного транспорта.

**Ключевые слова:** барже-буксирные составы, внутренние водные пути, путевые точки маршрута, поворотные точки маршрута, описание внутренних водных путей, технология интеллектуального управления элементами транспортной системы.

**A.M. Zhidkova**

*State University of Marine and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov,  
St. Petersburg, 198035  
e-mail: zhidkovaam@gumrf.ru*

## **INFORMATION MODEL OF BARGE-TOW TRAINS MOVEMENT IN VIEW OF WATERWAY CHANGES**

To develop the technology for intelligent control of the inland water transport movement the control elements and recommendations issuance when sailing through tight areas and making turns are needed. The particular tasks of modeling the relationships between the barge-tow trains movement and areas with overall heterogeneities of inland waterways are considered. For this purpose, turning points that are part of the set of waypoints are identified to formalize the waterway into sections that have a uniform impact on the speed and configuration of barge-tow trains. A turning point is a waypoint at which the ship changes direction relative to the course set before passing it. Waypoints are approximated using AIS data with respect to the ROT parameter and the difference between the COG and Heading parameters. To simulate the passage of a given route by a barge-tow train, the waterway was discretized into levels that characterize the behavior of the barge-tow train at each individual section, grouped from points. Three basic levels of turning points are identified, at which a change in the speed characteristics or configuration of the barge-tow train occurs, as well as a meta-level that does not imply a change in the behavior of the vessel. The developed model of turning points of inland waterways determines the recommended behavior of the barge-tow train on each the route individual section, that allows to use it as one of the adaptive algorithm elements for organizing the work of inland water transport.

**Key words:** barge-tow trains, inland waterways, route waypoints, route turning points, description of inland waterways, technology of intelligent control of transport system elements.

Одним из направлений развития транспортной системы Российской Федерации является устранение узких мест и лимитирующих участков внутренних водных путей. В транспортной стратегии [1] отмечается, что это особенно важно для поддержания и увеличения объема перевозки грузов водным транспортом. При этом в качестве одного из принципов организации его работы предлагается обеспечение максимальной загрузки речных судов, которая сейчас является неполной. Другой важный аспект – это повышение уровня цифровизации на транспорте, который может быть достигнут за счет внедрения технологий интеллектуального управления элементами транспортной системы, под этим в работе понимается управляющее воздействие или рекомендации по организации перевозок грузов барже-буксирными составами по внутренним водным путям с неоднородными габаритными характеристиками, которые формируются с использованием элементов искусственного интеллекта, в том числе адаптивных алгоритмов.

Геопространственные технологии навигации в настоящее время получили широкое распространение для автомобильного, железнодорожного и морского транспорта [2–4], однако при описании внутренних водных путей практически не применяются [5, 6]. При этом основное внимание уделяется маршрутизации, а планирование рейса переходит в категорию частных задач.

На внутреннем водном транспорте маршрут имеет преимущественно линейный характер и зависит от габаритов водных путей, ограничивая возможность эксплуатации или снижая грузместимость судов. В цикле научных статей предполагается представить развитие новых технологий организации и работы барже-буксирных составов, позволяющих за счет изменения их конфигурации в пути следования увеличить объем перевозимого груза за один рейс.

Цель данной статьи – обоснование адаптивного алгоритма определения конфигурации барже-буксирных составов в зависимости от характеристик участков внутренних водных путей. Частной задачей является разработка модели, определяющей влияние характеристик участков внутренних водных путей на их прохождение барже-буксирным составом.

Предлагается модель прохождения барже-буксирным составом поворотных участков внутренних водных путей. Движение судов осуществляется преимущественно в границах судового хода, что позволяет определить основную траекторию прохождения стесненных участков маршрута. Под поворотным участком понимается участок пути, где происходит изменение курса судна.

Маршруты от пункта отправления до пункта назначения задаются множеством координатных точек. Определим их как путевые точки. Тогда поворотная точка – это путевая точка, в которой судно изменяет направление движения относительно курса, заданного перед ее прохождением. Каждая поворотная точка имеет определенные координаты. Для определения поворотных точек используются данные о движении судов на аналогичном участке водных путей по АИС. Данные представляют собой набор координат путевых точек, характеризующих положение судна с интервалом в 1 минуту. Выбор поворотных точек из совокупности путевых производится по параметру ROT (скорость поворота), фиксирующему маневрирование судна. В качестве дополнительного признака применяется разность значений параметров COG (курс относительно грунта) и Heading (гироскопный курс).

Причины и характер маневренных операций, выполняемых барже-буксирным составом при прохождении маршрута, отличаются между собой, что позволяет классифицировать поворотные точки по следующим признакам:

- по происхождению места выполнения маневров (связанные с естественными факторами; связанные с искусственными факторами);
- по признаку прогнозируемости выполнения маневров (прогнозируемые – необходимость выполнения маневра определяется до начала рейса; непрогнозируемые – невозможно определить их наличие и необходимость выполнения маневра до непосредственного сближения);
- по признаку постоянности местонахождения (постоянные – имеют фиксированные географические координаты; переменные – изменяют местоположение в пространстве и географические координаты).

В целях моделирования рассматриваются поворотные точки маршрута, связанные как с естественными, так и искусственными факторами, относящиеся при этом к постоянным и прогнозируемым. Основные факторы, влияющие на появление таких точек: изгибы судового хода, опоры мостов, эстакад и других инженерных сооружений, гидротехнические сооружения (в том числе шлюзы). Прочие поворотные точки могут быть также учтены при моделировании при наличии достоверных сведений о них.

Математическая формализация предполагает описание судового хода, при котором выполняется его разделение на прямолинейные и криволинейные участки. Прямолинейные участки представляют собой отрезок между двумя последовательными поворотными точками, где вводятся ограничения на любые маневры барже-буксирных составов. Криволинейный участки – это последовательный набор большого количества точек, находящихся на минимальном расстоянии друг от друга, при котором фактор поворота на расстоянии между ближайшими точками имеет незначительно малое значение.

Поворотные точки не однородны в своем составе. Участки, которые они определяют, различаются по длине и ширине, что потенциально оказывает влияние на скоростные характеристики и габаритные параметры состава. В статье [7] и патенте [8] раскрыта возможность реформирования состава на маршруте следования для преодоления стесненных участков внутренних водных путей.

Полученные координатные точки из данных АИС аппроксимируются относительно параметра ROT и разности параметров COG и Heading. Набор поворотных точек формируется за счет исключения путевых точек, в которых маневрирование не выполнялось или имело незначительно малое значение относительно пройденного расстояния от точки начала маневрирования. В схематическом виде аппроксимация путевых точек показана на рис. 1 и 2.

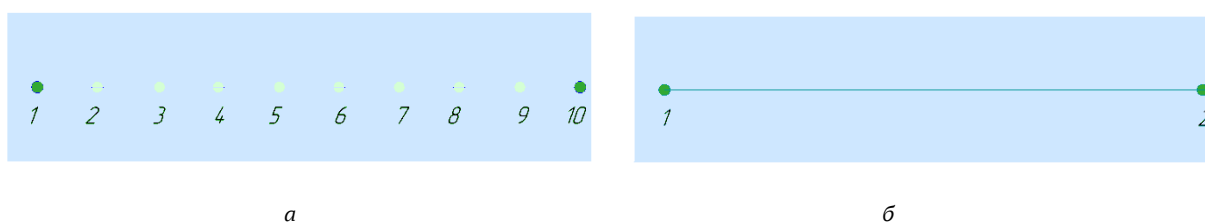


Рис. 1. Схема аппроксимации прямолинейного участка внутренних водных путей:

а – исходные данные – путевые точки маршрута; б – аппроксимированные данные – поворотные точки маршрута

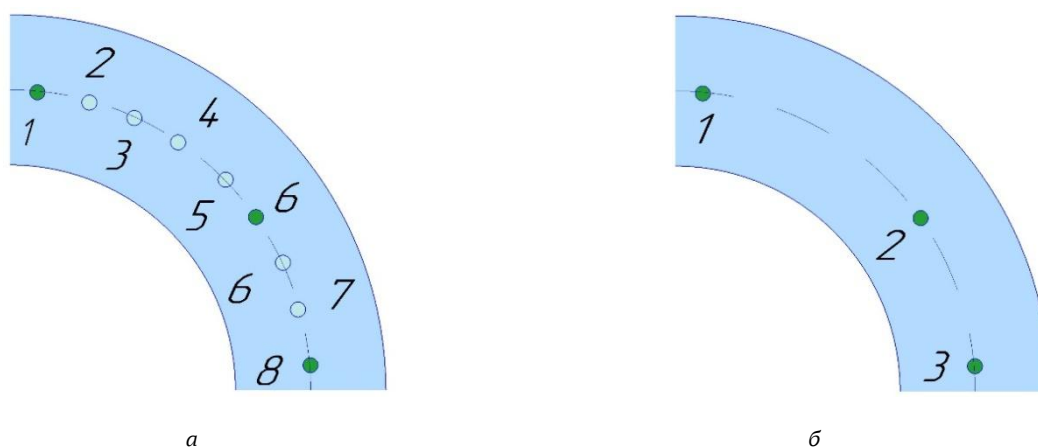


Рис. 2. Схема аппроксимации криволинейного участка внутренних водных путей:

а – исходные данные – путевые точки маршрута; б – аппроксимированные данные – поворотные точки маршрута

Для исследования был выбран участок водного пути Волго-Балтийского бассейна от Нижнесвирского шлюза до Ладожского озера, относящийся к основным судоходным трассам и имеющий профиль с выраженными изгибами русла реки, что создает ограничения по длине судна/состава судов.

Пример аппроксимации участка внутренних водных путей приведен на рис. 3. Изображенный участок содержит 24 путевые точки, полученные по данным АИС. В результате аппроксимации было отобрано 11 точек, определенных в качестве поворотных. Среди исключенных точек параметр ROT варьируется от  $-3$  до  $3$ , разница параметров COG и Heading составляет от  $-5$  до  $5$ .



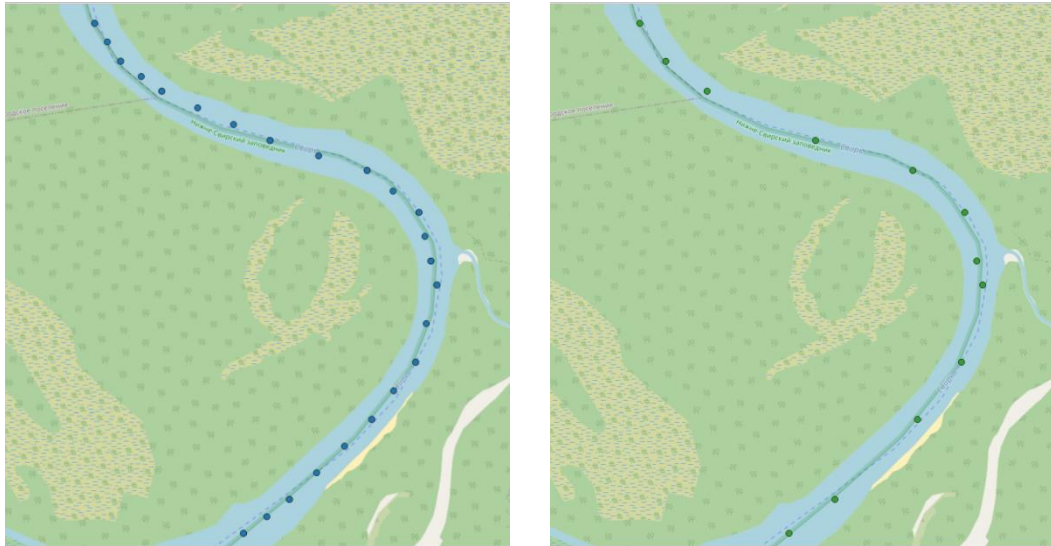


Рис. 3. Пример аппроксимации участка внутренних водных путей

В ходе исследования поворотные точки были подразделены на уровни в зависимости от поведения состава судов на данном участке водного пути. В метаяуровень включены точки, где изменения скоростного режима и конфигурации состава не предполагается.

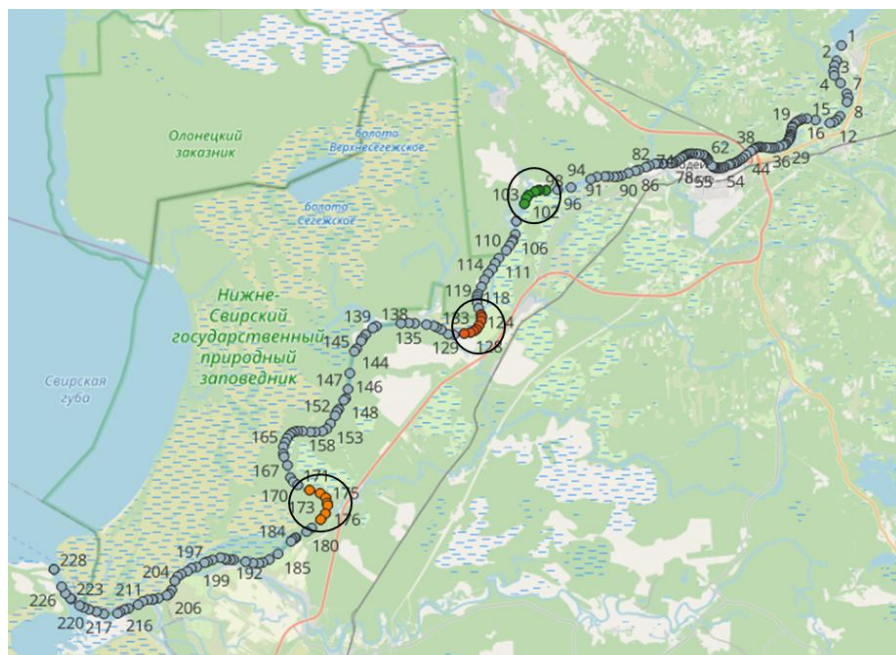
1-й уровень: включает участки внутренних водных путей, требующие учета изменения скоростного режима движения судов;

2-й уровень: содержит участки внутренних водных путей, требующие переформирования барже-буксирного состава;

3-й уровень: составляют участки внутренних водных путей, требующие смены расположения в составе или изменения назначения буксиров, в том числе замены толкачей на тягачи.

Уровень более высокого порядка включает в себя характеристики предыдущих уровней. Поворотные точки второго и третьего уровней являются местами переформирования барже-буксирного состава. При этом одна и та же точка для составов с разными габаритными (длина, ширина, осадка) и маневренными характеристиками может относиться к различным уровням.

На рис. 4 приведен пример дискретизации участка внутреннего водного пути по разработанной модели.



● Участок, включающий точки маршрута 1 уровня    ● Участок, включающий точки маршрута 2 уровня  
 ● Участок, включающий точки маршрута 3 уровня

Рис. 4. Пример дискретизации участка внутренних водных путей по разработанной модели

Безопасная скорость движения и габариты внутренних водных путей на участках маршрута неоднородны. Правилами движения и стоянки судов по бассейнам внутренних водных путей Российской Федерации [9] устанавливаются скоростные ограничения, однако скорость движения на прямолинейных участках при прочих равных условиях выше, чем на криволинейных участках. При выполнении маневра также увеличивается площадь, необходимая судну для движения. Такие особенности прохождения маршрута необходимо учитывать при планировании рейса.

На морском транспорте применяется международный стандарт RTZ [10], предполагающий общий формат для обмена маршрутными данными. Реализация представляет собой созданные стандартные XML-схемы, включающие блоки с общей информацией о маршруте, его геометрии и расписанием, которые могут содержать как основную, так и дополнительную информацию. Основным назначением стандарта является указание маршрутных координат движения судна и скорости прохождения участков маршрута. В связи со спецификой морских перевозок ограничения участков водного пути по габаритам учитываются только в общем виде, в то время как для целей подбора габаритов барже-буксирных составов, наиболее адаптированных к характеристикам внутренних водных путей, требуется детальное рассмотрение размеров маневровой полосы в каждой поворотной точке маршрута.

Разработанная трехуровневая модель определяет поведение состава в каждой отдельной поворотной точке, то есть задает необходимость изменения конфигурации или скорости. Полученные данные о поворотных точках и их характеристики будут использоваться для дальнейших численных расчетов движения барже-буксирного состава по маршруту, в том числе в целях оценки эффективности выполнения перегруппировки.

Модель прохождения барже-буксирным составом поворотных участков, функционируя в качестве одного из элементов адаптивного алгоритма организации работы внутреннего водного транспорта, может быть внедрена в систему формата, аналогичного стандарту RTZ. Это позволит в начальном варианте учесть особенности движения судов по внутренним водным путям и задать основу для планирования работы барже-буксирных составов, в том числе при изменении их конфигурации на маршруте.

### Литература

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. *Ольховик Е.О., Исаулова К.Я., Тезиков А.Л.* Результаты использования геоинформационных технологий при исследовании параметров судоходства в Восточном секторе Северного морского пути // Речной транспорт (XXI век). – 2020. – № 1. – С. 40–43.
3. *Куныгина Л.В.* Современные информационные технологии в управлении железнодорожным транспортом // Транспорт: наука, образование, производство (Транспорт-2021). – 2021. – С. 111–115.
4. *Полтавская Ю.О., Крипак М.Н., Гозбенко В.Е.* Оценка условий движения транспортных потоков с применением геоинформационных технологий // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 1 (49). – С. 155–161.
5. *Гончаренко Е.А., Кокорина И.П.* Геоинформационное моделирование в обеспечении работы речного порта // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2020. – Т. 6, № 1. – С. 104–109.
6. *Сафонова А.П., Афанасьев А.П.* Актуальность внедрения геоинформационных систем управления судоходством и обеспечения безопасности на внутреннем водном транспорте в Республике Беларусь // Перспективы развития транспортного комплекса. – 2017. – С. 36–41.
7. *Жидкова А.М.* Оптимизация конфигурации барже-буксирных составов в зависимости от габаритных и навигационных характеристик внутренних водных путей // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2022. – Т. 14, № 5. – С. 722–735.
8. Способ формирования судового состава: Патент № 2786282 С1 Российская Федерация, МПК В63В 21/62. № 2022121005: заявл. 02.08.2022; опубл. 19.12.2022 / *А.М. Жидкова, Е.О. Ольховик*; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова». – EDN: NYSHKC.

9. Правила движения и стоянки судов в Волго-Балтийском бассейне внутренних водных путей Российской Федерации, утв. приказом Минтранса России от 10.07.2013 № 235. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

10. Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems – Electronic chart display and information system (ECDIS) – Operational and performance requirements, methods of testing and required test results, IEC 61174.

УДК 004.7:628.14

**А.А. Капанский**

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,  
Гомель, 246029  
e-mail: kapanski@mail.ru*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В современном мире интернет вещей (IoT) представляет собой ключевое направление развития информационных технологий, активно внедряющихся в различные сферы промышленности, в том числе в России и Беларуси. Одной из важнейших областей применения IoT является техническое водоснабжение. Системы водоснабжения, будь то повторное использование воды в промышленности или питьевое водоснабжение городов, сталкиваются с рядом проблем: утечками, неэффективным распределением между источниками и др. Решение этих проблем требует использования современных средств связи, позволяющих передавать большие объемы информации, и развития систем непрерывного контроля в местах с низкой пропускной способностью сети, обеспечивающих передачу данных с минимальным энергопотреблением. Применение IoT, в частности таких технологий, как LoRaWAN и NB-IoT, может оптимизировать процессы управления и мониторинга, предотвращая экологические, экономические и социальные риски. Данная статья посвящена анализу потенциала и практического применения IoT в системах водоснабжения, а также роли современных технологий в этом процессе.

**Ключевые слова:** система водоснабжения, интернет вещей, технология LoRaWAN, протокол MQTT, мониторинг состояния технических систем, контроль технологических параметров.

**A.A. Kapansky**

*Sukhoi State Technical University of Gomel,  
Gomel, 246029  
e-mail: kapanski@mail.ru*

## **INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY USE FOR INFORMATION SUPPORT OF MANAGEMENT AND MONITORING PROCESSES IN WATER SUPPLY SYSTEMS**

In modern world the Internet of Things (IoT) is a key direction in the information technologies development that are actively introduced into various industries, including in Russia and Belarus. One of the most important applications of IoT is technical water supply. Water supply systems, whether it is the reuse of water in industry or the drinking water supply of cities, face a number of problems: leaks, inefficient distribution between sources, etc. The solution to these problems requires the use of modern means of communication that allow to transmit large amounts of information, and the development of continuous monitoring systems in places with low network bandwidth, providing data transmission with minimal energy consumption. The use of IoT, in particular such technologies as LoRaWAN and NB-IoT, can optimize management and monitoring processes, preventing environmental, economic and social risks. This article is devoted to the analysis of the potential and practical application of IoT in water supply systems, as well as the role of modern technologies in this process.

**Key words:** water supply system, Internet of Things, LoRaWAN technology, MQTT protocol, monitoring of technical systems state, control of technological parameters.

Интернет вещей (IoT) стал одним из наиболее перспективных направлений в современном информационном мире. Это отражается активным развитием российских компаний в сфере радиоэлектронной промышленности [1, 2] и соответствующей востребованностью в промышленном секторе экономики [3–6]. Возможности современных технологий позволяют объединять различные устройства в единую сеть, обеспечивая мгновенный обмен данными и автоматизацию ряда важных процессов. Особое внимание заслуживает применение этой технологии в области

технических систем водоснабжения, которые представляют собой сложные и многокомпонентные структуры, требующие точного и своевременного управления. Сюда можно отнести как системы повторного использования отработанной воды в промышленности, так и системы питьевого водоснабжения городов и населенных пунктов.

Существующие проблемы, такие как утечки, экономически целесообразное распределение воды между водоисточниками, неэффективное использование энергетических ресурсов при транспортировке, приводят к серьезным экологическим, экономическим и социальным последствиям [7–10]. Использование IoT в этой сфере может стать решением многих проблем, связанных с непрерывным контролем технологических параметров в процессе эксплуатации технических систем, в которых установка традиционных проводных элементов сбора и передачи информации является невозможной или экономически нецелесообразной. Целью данной статьи является изучение потенциала применения технологии интернета вещей для информационного обеспечения процессов управления и мониторинга в системах водоснабжения.

В системах городского водоснабжения IoT-технологии открывают новые перспективы. Появляется возможность в реальном времени отслеживать показатели гидравлического давления, расхода электроэнергии, контролировать потребление воды и анализировать ее качество [11–13]. Эффективность этого подхода обусловлена современной инфраструктурой, включая цифровые устройства, стандарты передачи данных и методы их обработки. Значимую роль оказывают сети связи, обеспечивая передачу данных между датчиками и центрами обработки данных. В контексте систем водоснабжения IP (англ., Internet Protocol) является основным сетевым протоколом, реализующим передачу информации с электронных устройств к серверу. В последние годы протокол сетевого уровня LoRaWAN становится все более популярным, задавая стандарты для обмена информацией между датчиками. Для передачи измеренных данных от первичных преобразователей используется широкий перечень технологий. Особую актуальность приобретает протокол прикладного уровня MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), который определяет, как информация упаковывается, передается и обрабатывается поверх уровней связи (таких как 3G, LTE и NB-IoT). Эта технология гарантирует надежную передачу данных и имеет ряд особенностей, делающих ее «умной» и эффективной при использовании в системах непрерывного мониторинга в системах водоснабжения.

Рассмотрим, чем современные сетевые протоколы отличаются от классических на примере LoRaWAN (Long Range Wide Area Network). Эта инновационная беспроводная технология позволяет передавать информацию на дальние расстояния, обеспечивая длительную автономность устройств сбора и передачи данных. Основные элементы системы включают в себя [14–16]:

- оконечные устройства – это могут быть датчики давления, температуры, импульсов и др.
- шлюзы – выступают посредниками, принимая данные от оконечных устройств и направляя их дальше в сеть;
- сетевой сервер – ключевой элемент, отвечающий за координацию сети, такую как синхронизация и расписание передачи данных;
- сервер приложений – элемент системы, который отвечает за мониторинг работы устройств, а также сбор и обработку информации от них.

Структурно LoRaWAN представляет собой звездообразную архитектуру. В этой системе устройства напрямую отправляют информацию базовым станциям, которые, в свою очередь, передают ее на сервер. На рис. 1 представлена схема взаимодействия устройств в сети LoRaWAN для мониторинга давления в системах водоснабжения.

Представленная технология гарантирует надежный контроль ключевых объектов водоснабжения, сосредоточенных территориально вблизи базовых станций. Оценка дальности покрытия сети LoRaWAN выполнялась на оборудовании и программном обеспечении Вега-Абсолют. В качестве шлюза, который служил мостом между оконечными устройствами и сервером, использовалась станция Vega BS-2.2, снабженная антенной 868-01 для усиления сигнала на 6 дБи. Анализ качества сетевого покрытия проводился тестером ТС-12. В условиях густой городской застройки и при размещении антенны на относительно небольшой высоте в 12 м радиус действия связи достигал 2–3 км (рис. 2). Для покрытия одного из областных центров Беларуси г. Гомеля, занимающего площадь порядка 140 км<sup>2</sup>, для обеспечения полного покрытия потребуется установка примерно семи базовых станций. Увеличив усиление антенны, можно уменьшить количество шлюзов.

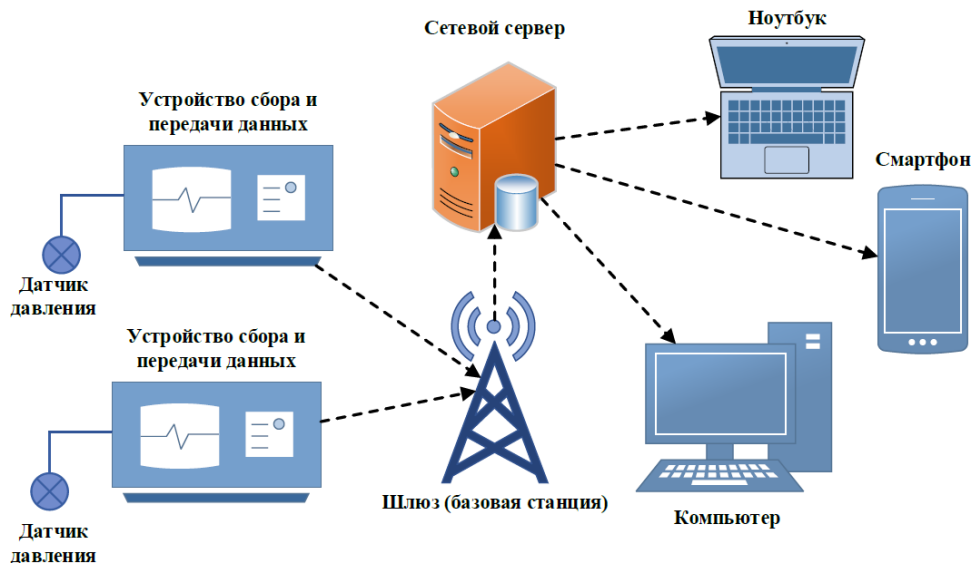


Рис. 1. Схема взаимодействия устройств в сети LoRaWAN для мониторинга давления в трубопроводах

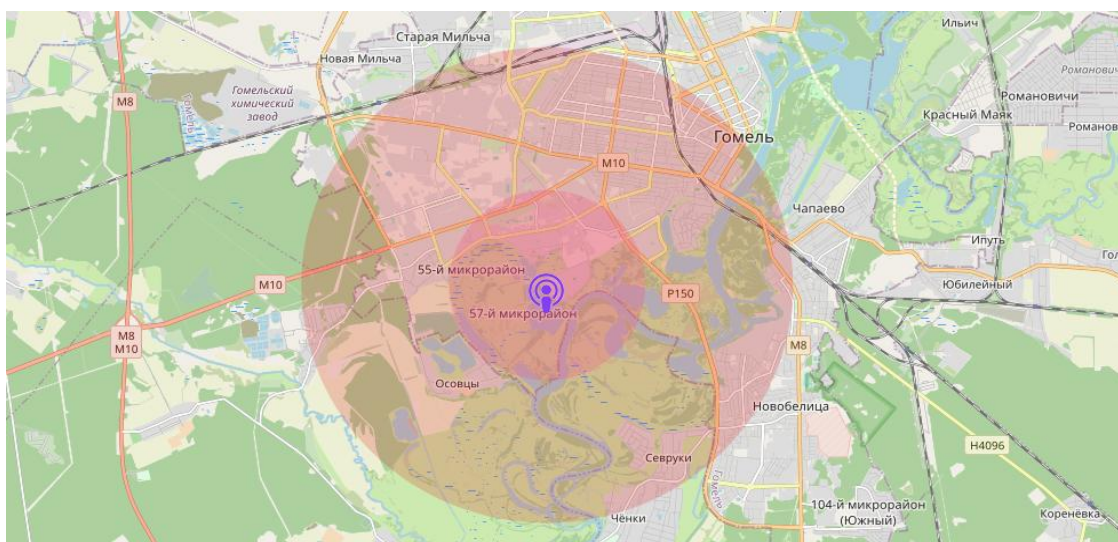


Рис. 2. Иллюстрация к анализу зоны действия сигнала сети LoRaWAN при установке базовой станции BC-2.2 с подключенной антенной 868-01 с усилением 6 дБи

Способность разворачивать собственные сети интернета вещей является весомым фактором выбора данной технологии. Однако, несмотря на широкий спектр преимуществ, в том числе к которым относится возможность отправки сообщений без подтверждения от устройства и опция подтверждения доставки для критически важных сообщений, проведенные тесты показали наличие нестабильности сигнала. Это приводило к задержкам в передаче данных и их сохранению в архиве до момента восстановления связи. Даже учитывая возможность хранения данных в памяти устройства, такие недостатки делают технологию LoRaWAN сложно сочетаемой с системами оперативного реагирования на аварийные ситуации в сети водоснабжения. Кроме того, для предприятий, имеющих распределительные системы в городских условиях размещение базовых станций может приводить к ряду сложностей. Это связано с необходимостью координации с муниципальными службами, получением разрешений, а также с физическими препятствиями, такими как высокие здания, деревья и другие объекты, которые могут мешать передаче сигнала.

Вместе с тем, когда речь идет о локализованных предприятиях или заводах, применение LoRaWAN становится более оправданным. На ограниченной территории, где нет необходимости в широком покрытии и где существует возможность обеспечить оптимальное размещение антенн, данная технология может предоставить надежное и эффективное решение для мониторинга в системах технического водоснабжения.

Для обеспечения надежной передачи данных с разнообразных объектов водоснабжения целесообразно использовать стандартный IP-протокол. Он подходит для сетей сотовой связи, включая 2G (GPRS) и IoT (NB-IoT). В этой системе данные передаются через базовые станции мобильных операторов. Для оптимизации обработки этой информации можно использовать описанный ранее развивающийся прикладной протокол MQTT, который в дополнение имеет ряд важных особенностей [17–19]:

1. Оптимизированный объем трафика при передаче данных от УСПД к серверу обработки. С частотой измерения каждые 5 мин ежемесячное потребление трафика регистрировалось в пределах 50 Мб. Этот незначительный объем данных позволяет эффективно использовать каналы связи, уменьшая нагрузку на сети мобильных операторов. Приходящий на сервер пакет данных представляется в текстовом формате JSON, обеспечивая полную информацию для дальнейшего анализа. В качестве примера рассмотрим фрагмент пакета телеметрии от устройства NB-12 российского производителя «Вега-абсолют». В нем представлены: причина инициации связи (ключ «reason»), момент времени создания записи («utc»), показания температуры устройства («temp»), данные о состоянии токовой петли («current»), необходимые для конвертации в измеряемое давление:

```
telemetry:{reason: time; utc: 1678616705; bat: 66; temp: 8.3; adc1: 1527; current: 8.58; bat_drop: 3.21; pulse1: 0; pulse2: 0; s_alarm1: 1; s_alarm2: 1; s_magnet: 0; s_curovr: 0; s_bde :0}} clientId:NB-12
```

Наряду с традиционными форматами данных передача информации в структуре JSON предоставляет значительные преимущества, к которым относится упрощение парсинга, обработки, хранения и обмена данными.

2. MQTT-протокол гарантирует уникальную доставку каждого сообщения. Таким образом, каждый пакет будет получен «точно один раз», исключая потери или повторения. Этот аспект критически важен для непрерывного отслеживания ключевых метрик в технологических процессах системы водоснабжения.

3. Используется концепция топиков для определения устройств и путей передачи информации. Это дает возможность клиентам выбирать интересующие их данные и получать только соответствующие уведомления. Основываясь на модели «издатель-подписчик», MQTT позволяет устройствам функционировать как в роли отправителей (или издателей) данных, так и в качестве получателей (или подписчиков) информационных сообщений. В роли «брокера» выступает сервер данных, который поддерживает соединения с устройствами, управляет их подключениями и отключениями от сети (рис. 3). Брокер MQTT играет ключевую роль в обеспечении надежной, эффективной и безопасной коммуникации между устройствами в системах IoT и промышленной автоматизации.

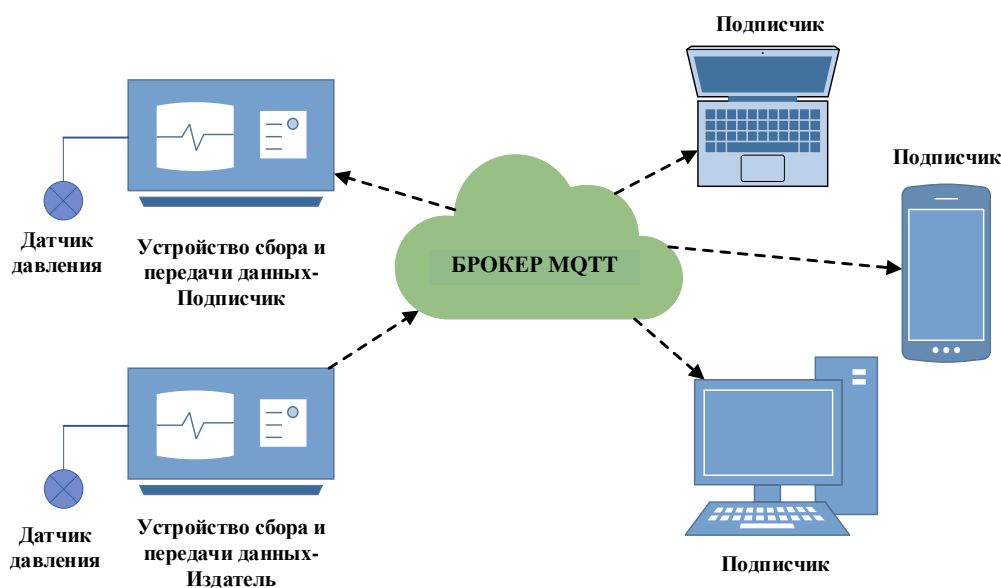


Рис. 3. Схема взаимодействия устройств с использованием протокола прикладного уровня MQTT

Интеграция современных технологий, в частности интернета вещей (IoT), в системы водоснабжения открывает новые горизонты для мониторинга, управления и оптимизации ресурсов. Выбор правильного метода передачи данных и соответствующего протокола обмена играет решающую роль в обеспечении надежности и актуальности собранной информации. Подходы, основанные на модели «издатель-подписчик», реализованные в прикладном протоколе MQTT, предоставляют гибкость и масштабируемость, позволяя устройствам быть взаимосвязанными и реагировать на изменения в реальном времени. Однако выбор технологии должен основываться на конкретных потребностях системы, ее масштабе и целях. Тщательное планирование, учет всех аспектов, включая структуру хранения и методы обработки данных, а также использование продвинутых технологий искусственного интеллекта, могут максимально повысить эффективность систем водоснабжения в период цифровизации.

### Литература

1. О Компании ООО «Вега-Абсолют. – URL: <https://vega-absolute.ru/manufacture/> (дата обращения: 16.10.2023).
2. О компании TELEOFIS. – URL: <https://teleafis.ru/about/> (дата обращения: 16.10.2023).
3. Pipe Insulation Monitoring система дистанционного контроля состояния изоляции ПИ-труб TELEOFIS. – URL: [https://iice.by/solutions\\_products/pi\\_monitoring/](https://iice.by/solutions_products/pi_monitoring/) (дата обращения: 16.10.2023).
4. Васильев И. Спутниковый IoT для нефтегазовой промышленности // Технологии и средства связи. – 2020. – № S1. – С. 84–85. – EDN: CDCIPX.
5. Грачева Е.И., Сафин А.Р., Садыков Р.Р. Применение аналитического метода расчета надежности элементов систем электроснабжения на основе вероятностных моделей // Надежность и безопасность энергетики. – 2017. – Т. 10, № 1. – С. 48–52.
6. Интеллектуальные системы учета как инструмент снижения потерь электрической энергии / Т.А. Мусаев, О.В. Федоров, С.Р. Шагеев, М.В. Прохорова // Строительство: новые технологии – новое оборудование. – 2021, № 2. – С. 52–55. – EDN: GDPLEJ.
7. Optimize the cost of paying for electricity in the water supply system by using accumulating tanks / A. Kapanski, N. Hruntovich, S. Bakhur [et al.] // E3S Web of Conferences, Prague, 14–15 мая 2020 года. – Prague, 2020. – P. 01065. – DOI 10.1051/e3sconf/202017801065. – EDN: CSSMKC.
8. Попов В.К., Бочаров А.В. Состояние водоснабжения г. Томска и эколого-экономические последствия // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2008. – № 3(20). – С. 180–188. – EDN: JTXYWR.
9. Белов О.А. Методология оценки технического состояния электрооборудования при развитии параметрических отказов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 3. – С. 96–102.
10. Белов О.А., Парфенкин А.И. Системная интеграция контроля электрооборудования // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10, № 1. – С. 14–17.
11. Chow T.W.S., Leung C.T. Neural network based short-term load forecasting using weather compensation // IEEE Transactions on Power Systems. – 1996. – Т. 11, № 4. – P. 1736–1742.
12. Ho K.L., Hsu Y.Y., Yang C.C. Short term load forecasting using a multilayer neural network with an adaptive learning algorithm // IEEE Transactions on Power Systems. – 1992. – Т. 7, № 1. – P. 141–149.
13. Cottrell M. et al. Neural modeling for time series: a statistical stepwise method for weight elimination // IEEE transactions on neural networks. – 1995. – Т. 6, № 6. – P. 1355–1364.
14. Liu Y.T. et al. A solar powered long range real-time water quality monitoring system by LoRaWAN // 2018 27th Wireless and Optical Communication Conference (WOCC). – IEEE, 2018. – P. 1–2.
15. Khutsoane O., Isong B., Abu-Mahfouz A.M. IoT devices and applications based on LoRa/LoRaWAN // IECON 2017-43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – IEEE, 2017. – P. 6107–6112.
16. Tolentino L.K. et al. IoT-Based automated water monitoring and correcting modular device via LoRaWAN for aquaculture // International Journal of Computing and Digital Systems. – 2021. – Т. 10. – P. 533–544.



17. *Hunkeler U., Truong H.L., Stanford-Clark A.* MQTT-S – a publish/subscribe protocol for wireless sensor networks // 2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops (COMSWARE'08). – IEEE, 2008. – P. 791–798.

18. *Naik N.* Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP // 2017 IEEE international systems engineering symposium (ISSE). – IEEE, 2017. – P. 1–7.

19. *Thangavel D. et al.* Performance evaluation of MQTT and CoAP via a common middleware // 2014 IEEE ninth international conference on intelligent sensors, sensor networks and information processing (ISSNIP). – IEEE, 2014. – P. 1–6.

УДК 621.438

**А.Н. Михайлов<sup>1</sup>, А.В. Анастасьев<sup>1</sup>, Н.С. Пичко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Донецкий национальный технический университет,  
Донецк, 283001*

*e-mail: anastasyev.av@yandex.ru;*

<sup>2</sup> *Филиал Ухтинского государственного технического университета,  
Усинск, 169710*

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЕСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ВЫХОД ИЗ СТРОЯ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ ГТД И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЗОН ИХ ДЕЙСТВИЯ**

В статье рассмотрены основные виды разрушений лопаток турбин ГТД, причины их возникновения и механизмы развития. Отмечен комплексный характер развития разрушений и механизм их взаимного ускорения. На основании анализа научных публикаций определены теоретические зоны максимальных и минимальных температурных воздействий, описан механизм такого распределения, вызванный в первую очередь принципом работы и особенностями конструкции.

**Ключевые слова:** турбина, лопатка, температура, материал, разрушение.

**A.N. Mikhailov<sup>1</sup>, A.V. Anastasyev<sup>1</sup>, N.S. Pichko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Donetsk National Technical University,  
Donetsk, 283001*

*e-mail: anastasyev.av@yandex.ru;*

<sup>2</sup> *Branch of Ukhta State Technical University,  
Usinsk, 169710*

### **ANALYSIS OF DESTRUCTIVE FACTORS INFLUENCE ON FAILURE OF GTE TURBINE BLADES AND LOCALIZATION OF THEIR ACTION ZONES**

The main types of failures of GTE turbine blades, causes and development mechanisms are considered in the article. The complex nature of destruction development and mechanism of their mutual acceleration are noted. Based on the analysis of scientific publications, the theoretical zones of maximum and minimum temperature effects are determined, the mechanism of such distribution, caused primarily by the principle of operation and design features, is described.

**Key words:** turbine, blade, temperature, material, destruction.

В последние десятилетия применение газотурбинных двигателей (ГТД) и установок (ГТУ) значительно расширилось от исключительно сферы авиации до практически всех сфер транспорта: авиации, судоходства, тяжелой техники (например, танк Т-80, БМП «Рыцарь» и др.) и промышленности. При этом наряду с такими требованиями, как повышение надежности и экономичности, стоит требование повышения мощности, которое непосредственно приводит к повышению температуры в камере сгорания и турбине ГТД. Однако, с учетом существующих материалов и методов улучшения их свойств, жаростойкость и жаропрочность материалов является лимитирующим фактором. Таким образом, методам повышения рабочих характеристик элементов турбины уделяется большое внимание. В настоящее время разработано множество различных методов упрочнения, охлаждения и защиты лопаток турбин (ЛТ) ГТД, при этом каждый из существующих методов обладает своими особенностями и ограничениями.

Статистика свидетельствует, что отказы газовых турбин главным образом связаны с разрушением рабочих лопаток. Сопловые лопатки испытывают действие изгибных напряжений, вызванных потоком газа, а рабочие – подвергаются центробежным, изгибающим и вибрационным нагрузкам. Функциональное назначение двигателя определяет его режимы работы и, соответственно, силовую напряженность, теплонагруженность и повреждаемость его деталей [1].

Стоит отметить комплексный характер разрушения лопаток [1, 2], который осложняет процессы разработки соответствующих методов защиты и преждевременного выхода из строя. Так, например, первоначальное развитие трещины вследствие термоциклической усталости и дальнейшее ее активное развитие под действием вибрационных напряжений по механизму многоцикловой усталости.

С другой стороны, применение исключительно современных материалов (например, сплавов на основе Ni-Сг или Ni-Cr-Co), обеспечивающих требуемые механические свойства и необходимую жаропрочность, не позволяет решить проблему, так как такие материалы обладают низкой коррозионной стойкостью и требуют применения специальных жаростойких покрытий. Однако применение специальных покрытий также имеет ряд ограничений как с экономической точки зрения, так и с технологической – например, максимальная толщина покрытия, изменение веса лопаточного аппарата в целом и т. д.

Сложная пространственная форма пера лопатки и особенности процессов работы турбины ГТД приводят к неравномерности действующих на них эксплуатационных воздействий и, как следствие, образованию на профиле пера соответствующих локальных зон, характеризующихся различной степенью влияния деструктивных факторов этих воздействий.

Как отмечалось в работе [1], эксплуатационные воздействия можно объединить в три основные группы – механические, химические и температурные, а также в соответствующие производные, представляющие собой комбинацию нескольких воздействий. Механические воздействия включают в себя напряжения растяжения и изгиба от центробежных сил, изгиб и кручение от газового потока, а также переменные напряжения от вибрационных нагрузок [3]. Следствием механических воздействий становятся усталостные разрушения (вызванные мало- и многоцикло-вой усталостью) и повреждения из-за механизма ползучести. Эксплуатационные воздействия химического характера включают в себя эрозию, коррозию, окисление, нагар. Температурные

воздействия наиболее ярко характеризуются двумя видами повреждений: перегревом выше температуры старения, что приводит к изменению микроструктуры металла, а следовательно, к снижению характеристик прочности, а также к термической усталости, проявляющейся в появлении термонапряжений, вызванных многократным неравномерным изменением температуры между входной и выходной кромками лопатки и основным телом.

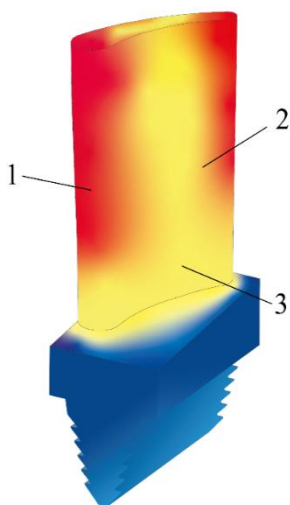


Рис. 1. Распределение температуры тела лопатки турбины по зонам [4]:

- 1 – максимальной температуры;
- 2 – высокой температуры;
- 3 – умеренной температуры

При этом в отличие от лопаток компрессора одним из наиболее сильно влияющих эксплуатационных воздействий является температурное, которое вследствие особенностей конструкции и работы ГТД действует на перо лопатки неравномерно (рис. 1) [4, 5]. Такое распределение температур обусловлено следующими особенностями: входная кромка принимает на себя поток газов (рис. 2), обладающих наибольшей температурой непосредственно из камеры сгорания; выходная кромка, которая направляет поток на лопатки последующей ступени, имеет существенно меньшую толщину, что в свою очередь существенно ухудшает ее теплоотдачу и охлаждение.

Особенностями протекания такого процесса, является выделение характерных зон, подвергающихся наиболее интенсивным тепловым воздействиям [4, 6, 7]. Так, на входной кромке, как и на выходной, максимальная температура может быть на 300–400°С выше, чем температура корытца или спинки. Наличие таких существенных перепадов негативно сказывается на эксплуатационных характеристиках. В зонах «высоких» температур наблюдается преждевременное интенсивное окисление из-за предельного уровня температур, и напряжения сжатия в покрытии, а в зонах «низких» температур – наблюдается возникновение термоусталостных трещин, приводящих к фрагментации покрытия и его разрушению (рис. 3).

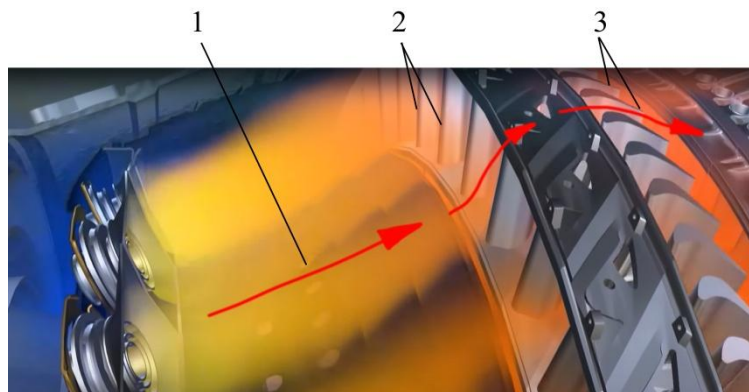


Рис. 2. Схема прохождения газов из камеры сгорания через турбину ГТД:  
1 – направление газового потока; 2 – входная кромка ЛТ; 3 – выходная кромка ЛТ

Несмотря на то, что входная и выходная кромки работают в зоне максимальных рабочих температур, они работают в различных условиях: входная кромка в процессе эксплуатации воспринимает на себя максимальную температуру рабочего газа, выходящего из камеры сгорания, со всеми абразивными частицами, содержащимися в продуктах сгорания. При этом за счет конструктивных особенностей система охлаждения позволяет достичь заданных эксплуатационных характеристик, в то время как выходная кромка в связи со своими конструктивными особенностями чаще всего не позволяет достичь аналогичного результата. Учитывая сложный комплексный характер воздействий, существенно увеличивающий свое воздействие под действием высоких температур, выходная кромка часто подвергается выходу из строя, особенно в своей верхней части.

Как видно на рис. 3, эти характерные зоны четко прослеживаются на эксплуатируемых лопатках турбин. Как следствие, повышение рабочих характеристик лопаток в обозначенных зонах может увеличить ресурс и надежность работы лопаточного аппарата ГТД.



Рис. 3. Общий вид рабочей лопатки турбины с характерными повреждениями

### Литература

1. Михайлов А.Н., Анастасьев А.В., Пичко Н.С. Структурный анализ разрушений лопаток турбины ГТД и причин их возникновения // Технологическое обеспечение и повышение качества изделий машиностроения и авиакосмической отрасли: Сборник научных статей 14-й междунар. науч.-техн. конф., посвященной 50-летию Брянской научной школы технологов-машиностроителей, Брянск, 05–07 октября 2022 года. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2022. – С. 16–20.
2. Петухов А.Н., Киселев Ф.Д. Диагностика эксплуатационных разрушений турбинных лопаток авиационных двигателей // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2019. – Т. 85, № 3. – С. 41–51.
3. Головина Н.Я. Анализ повреждений лопаточного аппарата газотурбинных двигателей // Естественные и технические науки. – 2011. – № 2(52). – С. 346–348.
4. Михайлов А.Н., Анастасьев А.В., Пичко Н.С. Основы синтеза механизма повышения ресурса лопаток турбины газотурбинного двигателя на базе функционально-ориентированного подхода // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2022. – № 4(79). – С. 35–43.
5. Rao N. et al. Failure mechanisms in turbine blades of a gas turbine engine – an overview // Int. J. Eng. Res. Dev. – 2014. – Т. 10. – С. 48–57.
6. Giel P. W. et al. Heat transfer measurements and predictions on a power generation gas turbine blade // Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air. – American Society of Mechanical Engineers, 2000.
7. Consigny H., Richards B.E. Short duration measurements of heat-transfer rate to a gas turbine rotor blade. – 1982.

УДК 621.311.6:504.064.36

**Т.Б. Семин**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: pajiloy2000@gmail.com*

### **МОНИТОРИНГ ДЕКАМЕТРОВЫХ РАДИОЛИНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SDR-ТЕХНОЛОГИЙ**

Эффективность декаметровых систем радиосвязи зависит от условий их применения и способности адаптироваться к ним. Эти условия определяются ионосферой, состояние которой зависит от солнечной активности и вариаций магнитного поля Земли. Следовательно, является актуальной задача мониторинга декаметровых радиолиний в реальном масштабе времени. С появлением технологии SDR такой мониторинг стал более доступным. На примере радиотрассы Москва – Аляска, большая часть которой приходится на полярную область, показана возможность оценки параметров канала связи с использованием передатчиков точного времени.

**Ключевые слова:** Северный морской путь, технология SDR, мониторинг состояния ионосферы.

**T.B. Semin**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: pajiloy2000@gmail.com*

### **MONITORING DECAMETER RADIO LINKS USING SDR-TECHNOLOGIES**

The effectiveness of decameter radio communication systems depends on the conditions of their use and the ability to adapt to them. These conditions are determined by the ionosphere, the state of which depends on the solar activity and variations of the Earth's magnetic field. Therefore, the task of monitoring decameter radio links in real time is urgent. Such monitoring has become more accessible by means of SDR technology. With example of the Moscow – Alaska radio route, most part of which is in the polar region, the possibility to estimate the parameters of a communication channel using precise time transmitters is shown.

**Key words:** Northern Sea Route, SDR technology, monitoring of the ionosphere state.

Морское судоходство Северным морским путем является для России стратегически важным, вытекающим из его геополитического значения. Безопасность мореплавания в соответствии с «Правилами плавания в акватории Северного морского пути» достигается телекоммуникационным обеспечением, в том числе с использованием декаметровых радиоканалов. В высоких широтах использование таких каналов осложняется особенностями полярной ионосферы и сложной геофизической обстановкой, в частности магнитными бурями. Целью работы является обобщение опыта диагностики и прогнозирования параметров коротковолновых каналов в этих широтах, определение оптимального способа получения необходимых для выбора оптимальных рабочих частот источников гелиогеофизической обстановки.

В соответствии с п. 31 Правил плавания в акватории Северного морского пути [1] на борту судна, совершающего переход, должно находиться радиооборудование, предназначенное для использования в зоне действия морских районов А1, А2, А3 и А4. Для районов А3 и А4 Морским Регистром судоходства [2] предусмотрено радиооборудование, работающее в диапазоне коротких волн. Декаметровые каналы радиосвязи имеют ряд достоинств, к которым можно отнести простоту организации радиоканала, их живучесть, небольшую, по сравнению, например, со спутниковыми системами, стоимость основных фондов. Вместе с тем они имеют и существенные недостатки, обусловленные механизмом распространения этого диапазона длин волн [3]. Существование и эффективность декаметрового радиоканала определяется:

1. Солнечной активностью, которая имеет суточный и сезонный ход, что существенно сказывается на параметрах радиоканала, в том числе величине оптимальной рабочей частоты.

2. Состоянием магнитного поля Земли. Магнитные бури приводят к росту неоднородностей ионосферной плазмы, что приводит к ухудшению, а в ряде случаев и невозможности передачи информации по такому каналу.

3. Параметрами технических средств, в частности антенных устройств. Изменение электронной концентрации и высоты преломляющего слоя ионосферы приводит к необходимости изменять угол излучения (приема) в вертикальной плоскости в широких пределах.

4. Замираниями, т. е. случайным изменением уровня сигнала в пункте приема как следствие многолучевости распространения и магнитоионного расщепления падающей на ионосферу электромагнитной волны.

Следовательно, кумулятивным фактором, определяющим эффективность применения радиотехнического оборудования декаметрового диапазона, является пространственно-временная изменчивость среды, в которой происходит распространение электромагнитного излучения – плазмы ионосферы.

Мониторинг состояния ионосферы может осуществляться путем ее облучения электромагнитным излучением с Земли. В зависимости от угла падения на ионосферу зондирование подразделяется на вертикальное, наклонное и возвратно-наклонное. При расположении источника электромагнитного излучения на спутнике Земли происходит зондирование ионосферы сверху, что позволяет осуществить ее радиотомографию. Полученные таким образом параметры ионосферы могут использоваться для корректировки прогноза прохождения радиоволн. Однако доступ к этой информации судов, находящихся, например, на трассе Северного морского пути, мягко говоря, проблематично.

Для оперативного прогноза прохождения радиоволн ранее использовались декаметровые передатчики с известным местоположением и фиксированными рабочими частотами, например радиовещательные станции. К сожалению, приходится констатировать, что коротковолновое радиовещание в РФ с 2013 г. признано нерентабельным и прекращено. Заметим, что западные «партнеры» радиовещание не только коротковолновое, но и средневолновое и длинноволновое сохранили.

В качестве опорных сигналов можно использовать сигналы точного времени, передаваемые радиостанцией RWM, а также сигналы маркерных передатчиков, например Северного флота. С появлением технологии SDR и развитием сетей на ее основе, например Kiwi [4], имеется возможность осуществить дистанционный мониторинг в любой точке Земного шара, где есть эти приемники. В качестве пункта наблюдения нами выбран Анкоридж, Аляска, поскольку в этом случае радиотрасса большую часть проходит вблизи Северного морского пути (рис. 1).

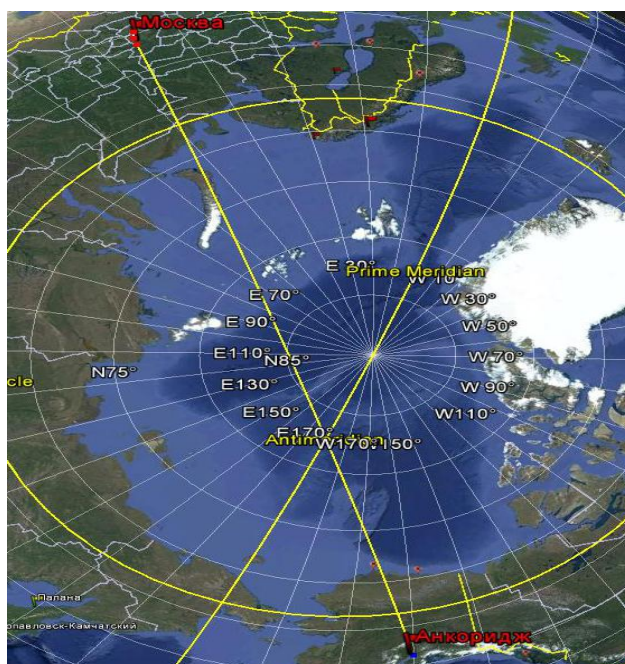


Рис. 1. Трасса Москва – Анкоридж

Протяженность трассы, большая часть которой приходит в полярных широтах, составляет около 7 000 километров. Небольшая мощность передатчика в Москве (5 кВт) и большое поглощение на трассе привело к необходимости использовать максимальное усиление приемника и сузить полосу пропускания. Пример спектрограммы записи сигнала в полосе 500 Гц показан на рис. 2.

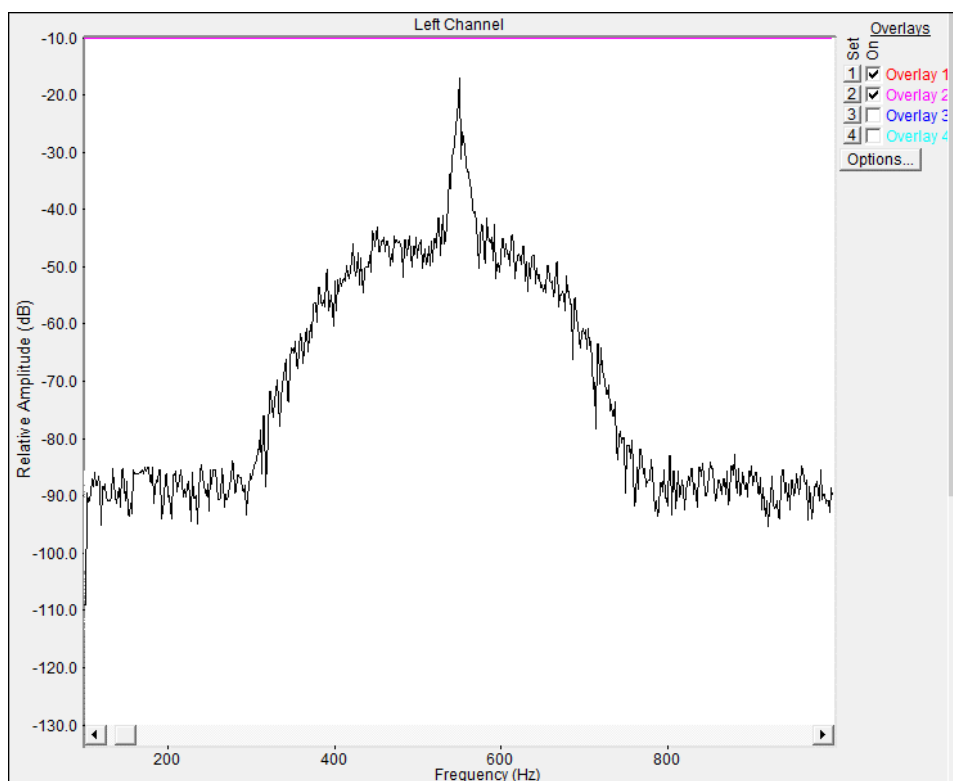


Рис. 2. Спектрограмма сигнала станции RWM на частоте 9996 кГц

То есть такой подход позволяет получить объективную величину уровня сигнала, а не субъективную оценку оператора. При этом, осуществляя автоматический мониторинг маркерных передатчиков на различных частотах, можно в реальном масштабе времени производить оценку канала и хранить эти сведения в памяти компьютера.

Обработав полученные записи, можно получить значения индекса мерцаний, т. е. оценить глубину замираний. Таким образом, в автоматическом режиме можно получить сведения об оптимальной рабочей частоте и при необходимости использовать ее в реальном масштабе времени.

#### Выводы:

1. Использование существующей сети маркерных передатчиков позволяет получить сведения об оптимальной рабочей частоте в зоне действия, в том числе судов Росрыболовства на Дальнем Востоке.
2. Использование технологии SDR дает возможность автоматически записывать, анализировать и определять оптимальную рабочую частоту, оценивая состояние канала по отношению сигнал/шум и глубине замираний.

#### Литература

1. Правила плавания в акватории Северного морского пути: Постановление правительства Российской Федерации от 18 сентября 2020 года № 1487 [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565820314> (дата обращения: 25.03.2023).
2. Правила по оборудованию морских судов. Часть IV. Радиооборудование [Электронный ресурс] / Российский морской регистр судоходства. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293741/4293741687.pdf> (дата обращения: 25.03.2023).
3. Чернов Ю.А. Распространение радиоволн и прикладные вопросы. – М.: Техносфера, 2017. – 688 с.
4. URL: <http://kiwisdr.com/public>.

УДК 621.396

**Д.А. Скрынник**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: Joffe13@mail.ru*

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СУДОВЫХ АНТЕНН В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MMANA**

Линейные размеры антенных устройств радиотехнических систем на судах стремятся минимизировать, но при этом получить требуемые характеристики в широкой полосе частот становится затруднительным. Известны фрактальные антенны, полоса пропускания которых значительно превышает этот параметр, например, вибраторных антенн. Однако расчет фрактальных антенн сопряжен с определенными трудностями, решить которые предлагается в программной среде MMANA.

**Ключевые слова:** судовые антенны, фрактальные структуры, программа MMANA.

**D.A. Skrynnik**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: Joffe13@mail.ru*

### **OPTIMIZATION OF SHIP ANTENNA PARAMETERS IN THE MMANA SOFTWARE ENVIRONMENT**

The linear dimensions of antenna devices of radio engineering systems on ships are tried to minimize, but at the same time it becomes difficult to obtain the required characteristics in a wide frequency band. Fractal antennas are known whose bandwidth significantly exceeds this parameter, for example, vibrator antennas. However, the calculation of fractal antennas is associated with certain difficulties, which can be solved in the MMANA software environment.

**Key words:** ship antennas, fractal structures, MMANA program.

Основным документом, определяющим требования, предъявляемые к судовым антеннам, является «Российский морской регистр судоходства» [1]. Пункт 4.1 этого документа разрешает использование любого типа антенн при условии, что они обеспечивают оптимальное функционирование радиотехнического оборудования судов. Существуют как минимум две причины минимизации размеров судовых антенн: ограниченные размеры судов и большие ветровые нагрузки. Однако уменьшение линейных размеров антенн приводит к увеличению реактивной составляющей входного сопротивления антенны, ухудшению согласования с фидером и как следствие сужению ее полосы пропускания.

В последнее время появились антенные устройства, использующие фрактальные структуры, например «Фрактальное антенное устройство» [2]. В определенной мере такие антенны подобны самодополнительным структурам, однако проводники, из которых выполнены антенны, имеют сложную конфигурацию (рис. 1).

Основным достоинством фрактальных антенн является малые габариты, при сохранении таких же характеристик, как и у обычных антенн. Они нашли широкое распространение в беспроводной связи, Bluetooth, Wi-Fi и GSM стандартах.

Очевидно, что использование подобных антенн на судах способно иметь как технические, так и экономические выгоды. Однако в настоящее время методика расчета фрактальных антенн недостаточно отработана, и в основном приемлемые решения достигаются экспериментальным путем.



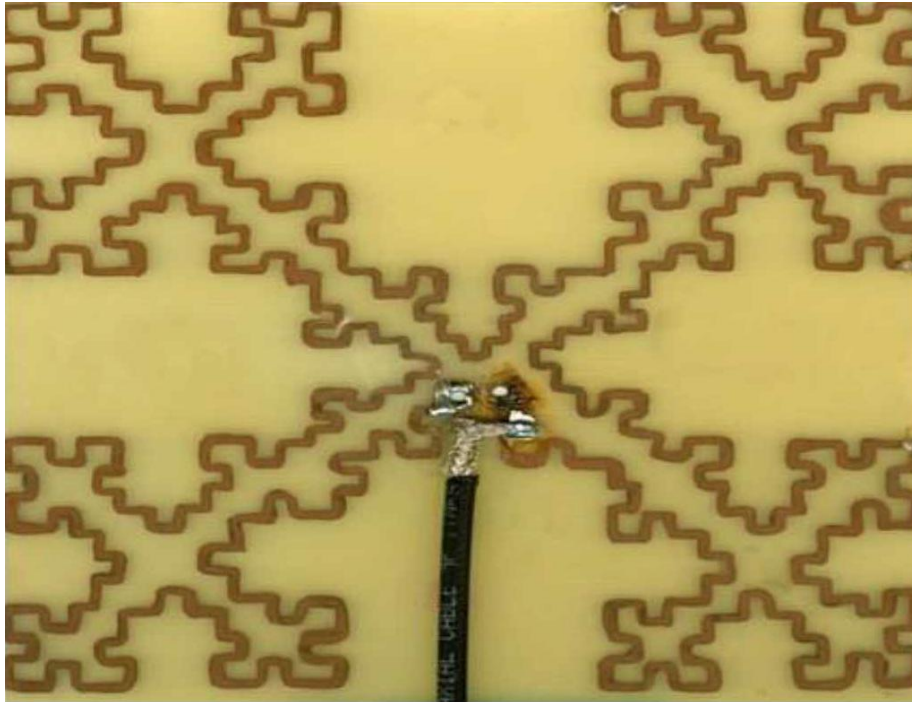


Рис. 1. Пример фрактальной антенны

Для решения этой задачи нами предпринята попытка использования программы MMANA, которая является общедоступной и работает в среде Windows. В качестве руководства по работе с программой нами используется источник [3]. Создание макета антенны в названной программе осуществляется путем задания длины проводников, их конфигурации и взаимного расположения. В программе предусмотрена возможность изменения свойств подстилающей поверхности и размещения относительно ее проектируемой антенны.

Для примера на рис. 2. приведен вид и распределение токов фрактальной антенны длиной 0,34 м для частоты 15 МГц (длина волны 20 м).

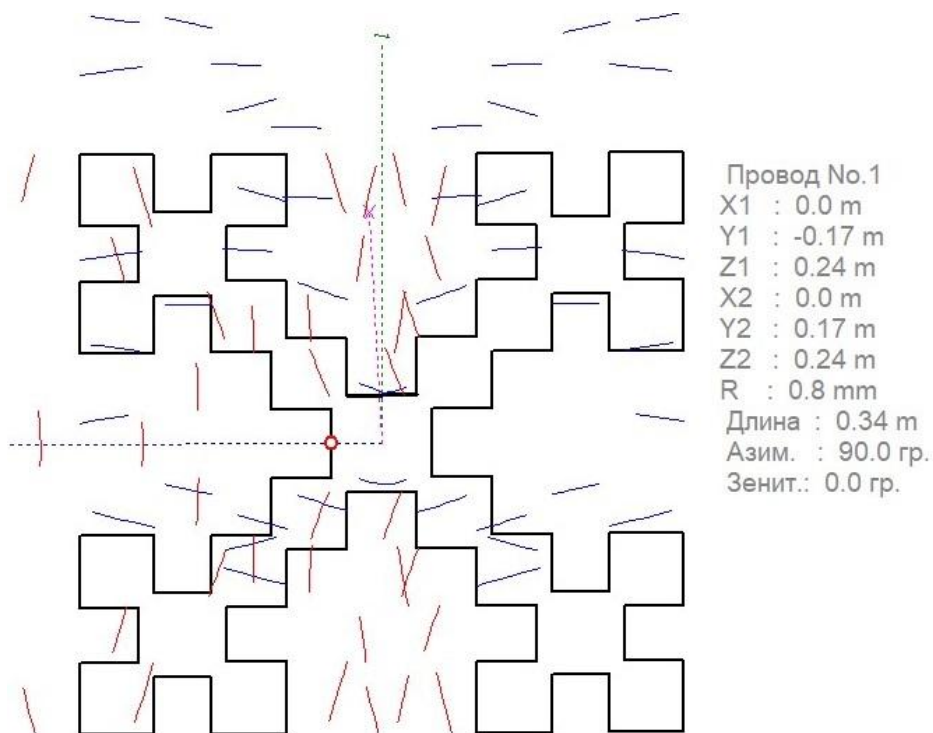


Рис. 2. Вид фрактальной антенны

Из рис. 2 видно, что распределение токов в фрактальной антенне существенно отличается от распределения в симметричных вибраторах, что, вероятнее всего, приведет к слабонаправленному излучению.

Для указанных параметров антенны и частоты 15 МГц коэффициент стоячей волны равен 1,42, что обеспечивает достаточно хорошее согласование. Диаграмма направленности антенны показана на рис. 3.

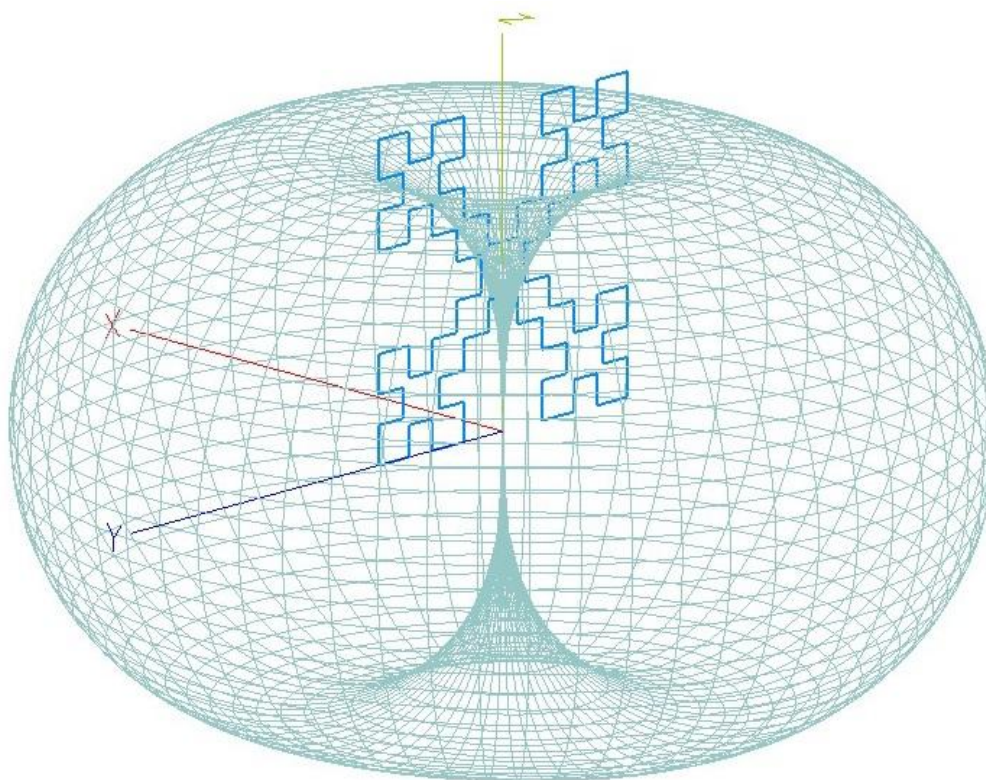


Рис. 3. Диаграмма направленности антенны

Из рис. 3 видно, что антенна обладает ненаправленным излучением в горизонтальной плоскости, что соответствует требованиям, предъявляемым к судовым антеннам.

Выводы:

1. Использование фрактальных антенн в качестве судовых может повысить эффективность радиотехнического бортового радиооборудования.
2. Для моделирования и исследования свойств фрактальных антенн целесообразно применять программу MMANA.

### Литература

1. Российский морской регистр судоходства. Правила по оборудованию морских судов. – Часть IV. Радиооборудование [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293741/4293741687.pdf> (дата обращения: 25.03.2023).
2. Фрактальное антенное устройство. Полезная модель 160080: Патент РФ / Абдрахманова Г.И. и др.; ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». – заявл. 20.10.2015; опубл. 27.02.2016.
3. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ часть. Компьютерное моделирование. MMANA. – М.: ИП Радиософт, 2004. – 128 с.

УДК 004.8:656

**Т.С. Станкевич**

*Калининградский государственный технический университет,  
Калининград, 236022  
e-mail: stankevich.ts@bgarf.ru*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА**

Решение задач обеспечения безопасности объектов морского транспорта возможно с применением передовых информационных и коммуникационных технологий. Исследованы практические приложения указанных методов в области решения задач безопасности морского транспорта, а именно: для наблюдения за обстановкой на море; для обнаружения инцидентов на море. В работе изучены ключевые особенности методологии искусственного интеллекта и машинного обучения: неконтролируемые методы, контролируемые методы, оптимизация. Выполнен SWOT-анализ искусственных нейронных сетей (Artificial neural networks, ANNs) для выявления возможностей и рисков применения указанной технологии в практической деятельности. Установлено, что искусственные нейронные сети высокоэффективны для решения широкого круга задач безопасности морского транспорта и могут быть применены в рамках как неконтролируемых, так и контролируемых методов искусственного интеллекта и машинного обучения.

Работа выполнена в рамках инициативной научно-исследовательской работы ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» по теме: «Интеллектуальный подход для обеспечения транспортной безопасности».

**Ключевые слова:** морской транспорт, безопасность, искусственный интеллект, искусственные нейронные сети (Artificial neural networks, ANNs).

**T.S. Stankevich**

*Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, 236022  
e-mail: stankevich.ts@bgarf.ru*

## **PROSPECTS FOR ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS USE TO ENSURE MARITIME TRANSPORT SAFETY**

The solution of the tasks of ensuring the sea transport facilities safety is possible with the use of advanced information and communication technologies. The practical applications of these methods in solving problems of maritime transport safety are investigated, namely: for monitoring the situation at sea; for detecting incidents at sea. The key features of the methodology of artificial intelligence and machine learning are investigated: uncontrolled methods, controlled methods, optimization. A SWOT analysis of artificial neural networks (Artificial neural networks, ANNs) was performed to identify the opportunities and risks of using this technology in practice. It has been stated that artificial neural networks are highly effective for solving a wide range of maritime transport safety problems and can be applied within the framework of both uncontrolled and controlled methods of artificial intelligence and machine learning.

The work was carried out within the framework of the initiative research work of the Kaliningrad State Technical University on the topic: "Intelligent approach for ensuring transport security".

**Key words:** marine transport, security, artificial intelligence, artificial neural networks (Artificial neural networks, ANNs).

Информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети и автоматизированные системы управления технологическими процессами объектов транспорта, в том числе морского, являются объектами критической информационной инфраструктуры.

В настоящее время деятельность объектов транспорта трансформируется с учетом требований цифроватизации и автоматизации. Ключевые требования к цифровой трансформации отражены

в следующих нормативных правовых документах: Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы, утвержденная указом Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203; Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.

Данный переход направлен на формирование цифровой экосистемы на базе передовых информационных и коммуникационных технологий.

В XXI в. информационные и коммуникационные технологии стали неотъемлемой частью современных систем, предназначенных для предупреждения и ликвидации негативных последствий чрезвычайных ситуаций на море.

Так, в настоящее время анализ больших данных используется для автоматической идентификации судов, оценки их энергоэффективности, построения прогнозов для обеспечения безопасности на объектах транспорта [1].

Кроме того, существуют практические приложения методов искусственного интеллекта и машинного обучения в области решения задач безопасности морского транспорта (для наблюдения за обстановкой на море и обнаружения инцидентов):

- система видеоаналитики судов (классификация и идентификация морских судов), базирующаяся на сверхточных нейронных сетях (CNN) [2];
- непараметрическая байесовская модель, основанная на гауссовых процессах, для моделирования нормального поведения морских перевозок [3] и др.

Однако применение передовых технологий для обеспечения безопасности на море, как отмечают исследователи [4], затруднено из-за значительного размера области и сложностей планирования.

В работе изучены ключевые особенности методов искусственного интеллекта и машинного обучения (рис. 1): неконтролируемые методы, контролируемые методы, оптимизация.

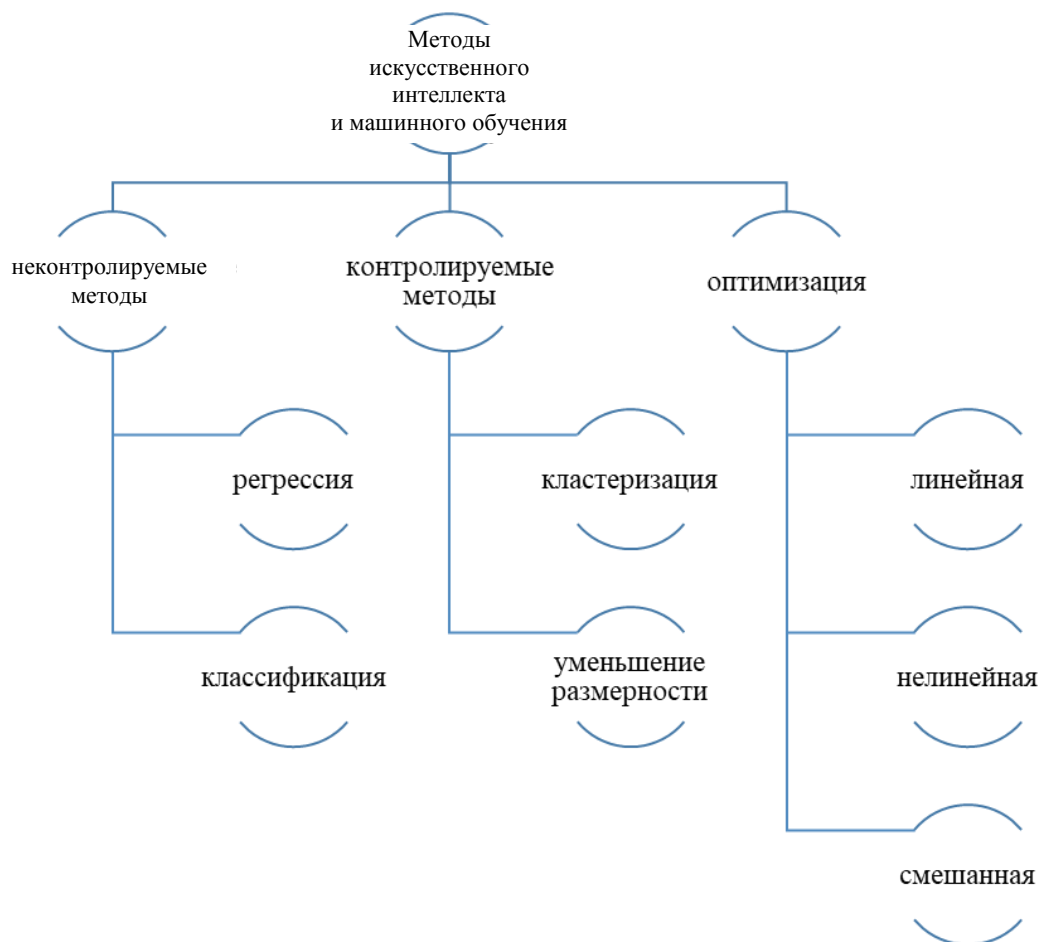


Рис. 1. Методы искусственного интеллекта и машинного обучения

Так, согласно [1], методы контролируемого обучения требуют применения маркированных наборов данных для обучения алгоритмов, которые могут точно классифицировать данные или прогнозировать результаты.

Неконтролируемые методы основаны на предварительных знаниях для анализа данных с возможностью кластеризации немаркированных наборов данных, создания правил ассоциации и уменьшения размерности данных [1].

Оптимизация применяется в процессах, где целью является поиск оптимального решения в виде точного или приблизительного результата.

Выполнен SWOT-анализ такого метода искусственного интеллекта и машинного обучения, как искусственных нейронных сетей с точки зрения возможности применения указанной методологии для решения проблем обеспечения безопасности морского транспорта.

Результаты SWOT-анализа представлены на рис. 2.

Установлено, что искусственные нейронные сети высокоэффективны для решения широкого круга задач безопасности морского транспорта и могут быть применены в рамках как неконтролируемых, так и контролируемых методов искусственного интеллекта и машинного обучения.



Рис. 2. SWOT-анализ искусственных нейронных сетей

Целевым показателем результативности цифровой трансформации является цифровая зрелость антикризисного управления в области безопасности морского транспорта. Достижение ключевых параметров цифровой зрелости управления (клиентоориентированности, оперативности, устойчивости, информационной безопасности) возможно посредством применения искусственных нейронных сетей, что подтверждено SWOT-анализом возможностей, недостатков, рисков и возможностей данной методологии.

Использование «сквозных» технологий искусственного интеллекта и машинного обучения на примере искусственных нейронных сетей перспективно в области обеспечения безопасности для объектов морского транспорта. Искусственные нейронные сети могут быть применены в рамках как неконтролируемых, так и контролируемых методов искусственного интеллекта и машинного обучения для классификации маневров водителя, обнаружения судов, выявления взаимосвязи между столкновениями судов и характеристиками среды и др.

### Литература

1. *Tselentis D.I., Papadimitriou E., van Gelder P.* The usefulness of artificial intelligence for safety assessment of different transport modes // *Accident Analysis and Prevention.* – 2023. – 186. – Art. № 107034. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107034>.
2. Fine-grained recognition of maritime vessels and land vehicles by deep feature embedding / *Solmaz B., Gundogdu E., Yucesoy V., Ko A., Alatan A.A.* // *IET Comput. Vis.* – 2018. – № 12 (8). – P. 1121–1132.
3. *Kowalska K., Peel L.* Maritime anomaly detection using Gaussian process active learning // In 15th International Conference on Information Fusion. 2012, July. – IEEE, 2012. – P. 1164–1171.
4. Big data and artificial intelligence in the maritime industry: a bibliometric review and future research directions / *Munim Z.H., Dushenko M., Jimenez V.J., Shakil M.H., Imset M.* // *Marit. Policy & Manag.* – 2020. – № 47 (5). – P. 577–597.

## СЕКЦИЯ 4. ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ, ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 556.3.04

О.А. Белавина<sup>1</sup>, В.А. Швецов<sup>1</sup>, Б.А. Опрышко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Камчатский государственный технический университет,

Петропавловск-Камчатский, 683003

e-mail: oni@kamchatgtu.ru;

<sup>2</sup> Камчатский водоканал,

Петропавловск-Камчатский, 683009

### К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Использование подземных вод в различных сферах экономики постоянно возрастает. Кроме того, обострился интерес к использованию подземных вод в качестве источника питьевых вод. Известные технические устройства, необходимые для организации мониторинга подземных вод на наблюдательных водозаборных скважинах месторождений подземных вод, нуждаются в совершенствовании. Также необходимо разрабатывать новые технические средства для оснащения ими водозаборных скважин. В статье представлен обзор запатентованных решений, относящихся к техническому обеспечению водозаборных скважин с 1978 по 2022 гг.

**Ключевые слова:** подземные воды, водозаборные скважины, средства технического обеспечения водозаборных скважин.

О.А. Belavina<sup>1</sup>, V.A. Shvetsov<sup>1</sup>, B.A. Opryshko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kamchatka State Technical University,

Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003

e-mail: oni@kamchatgtu.ru;

<sup>2</sup> Kamchatsky Vodokanal,

Petropavlovsk-Kamchatsky, 683009

### ON THE ISSUE OF IMPROVING TECHNICAL SUPPLY OF AUTOMATED GROUNDWATER MONITORING SYSTEMS

Groundwater application in various sectors of the economy is constantly increasing. Besides, the interest to use groundwater as a source of drinking water has intensified. Well-known technical devices necessary for the organization of groundwater monitoring at observation water intake wells of groundwater deposits need to be improved. It is also necessary to develop new technical means for equipping water intake wells with them. An overview of patented solutions related to the technical support of water intake wells from 1978 to 2022 is presented in the article.

**Key words:** groundwater, water intake wells, technical support of water intake wells.

«Основа жизни» – природные водные ресурсы. Деятельность человека и расточительное водопользование привели к истощению и загрязнению источников природных вод [1]. В связи с этим обострился интерес к использованию подземных вод в качестве источника питьевых вод. Использование подземных вод в различных сферах экономики также постоянно возрастает. Поэтому одной из важнейших задач экономики является мониторинг подземных вод [2]. Однако ручные методы мониторинга весьма трудозатратны, при этом водозаборные скважины не обеспечены техническими средствами, необходимыми для организации автоматизированного

мониторинга подземных вод. Известные технические средства для обеспечения водозаборных скважин месторождений подземных вод имеют следующие недостатки: а) невозможность использования их на неохраемых территориях; б) сложность отбора проб воды; в) стоимость запорной аппаратуры-задвижки весьма высокая. Следовательно, необходимо совершенствовать существующие и разрабатывать новые технические средства для оснащения водозаборных скважин. Рассмотрим запатентованные решения, относящиеся к техническому обеспечению водозаборных скважин (табл.).

**Запатентованные решения по техническому обеспечению водозаборных скважин**

Год / кол-во патентов	№ название патента	Авторы / патентообладатель	Технический результат
1	2	3	4
1978 / 1	А.с. №628249 Оголовок водо-подъемной трубы	Авдеев Л.А., Волоховский Г.А., Никитин В.И., Поличко В.В. / авторы	Возможность отвода воды из скважины на любой глубине ниже уровня промерзания грунта. Внедрение патента позволяет повысить экономичность и снизить трудозатраты по эксплуатации, а также обеспечить надежную изоляцию водоносного горизонта от загрязнений [3]
1982 / 1	А.с. №1105581 Оголовок водозаборной скважины	Никитин В.И., Галкин Ю.Г., Мазаев С.П., Дронов П.Е., Гручков А.А., Волоховский Г.А., Тикиляйнен Н.А. / Курский ремонтно-механический завод	Повышение надежности работы, упрощение монтажа и эксплуатации. Внедрение изобретения обеспечивает снижение затрат на сооружение и ремонт скважин без демонтажа оголовка. Также снижается металлоемкость, повышается ремонтпригодность и работоспособность устройства [4]
2008 / 1	Пат. №76033 Оголовок скважинный	Языков А.Ю. / Торговый Дом Джилекс	Уменьшение требуемого диаметра обсадной трубы скважины, ее герметизация. Применение оголовка позволяет монтировать оголовки без сварочных работ. Использование оголовка скважинного предотвращает проникновение поверхностных грунтовых вод и мусора в скважину. Надежность крепежной конструкции повышается. Эксплуатация технического колодца упрощается [5]
2013 / 2	Пат. №133189 Оголовок наблюдательной самоизливающейся скважины	Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А. / Камчатский государственный технический университет	Возможность выполнения очистки ствола скважины и фильтра перед отбором проб подземных вод. Конструкция оголовка упрощается, а его стоимость снижается. Рекомендуется использовать оголовки при отсутствии охраны объектов [6]
	Пат. №139322 Оголовок наблюдательной скважины с переменным статическим уровнем	Опрышко Б.А., Швецов В.А., Петренко О.Е., Белавина О.А. / Камчатский государственный технический университет	Возможность выполнения измерений уровня подземных вод при статическом уровне ниже поверхности земли и при самоизливе, кроме того конструкция оголовка упрощается, а его стоимость снижается. Рекомендуется использовать оголовки для постоянных контрольных измерений уровня подземных вод и отбора проб воды на анализ из скважин при отсутствии охраны объектов [7]
2014 / 3	Пат. №145375 Оголовок скважинный	Домбровский А.В., Старостенко А.А., Торкан Э.А. / авторы	Использование скважинного оголовка обеспечивает герметизацию скважины (от проникновения поверхностных грунтовых вод и мусора), увеличивает ее дебет, обеспечивает надежность монтажных работ и обслуживание погружного насоса [8]
	Пат. №145347 Оголовок наблюдательной самоизливающейся скважины	Опрышко Б.А., Швецов В.А., Петренко О.Е., Белавина О.А., Коростылев Д.В. / Камчатский государственный технический университет	Использование оголовка возможно при отсутствии охраны объекта. При использовании оголовка повышается качество контрольных измерений уровня подземных вод, возможны непрерывные измерения в течение заданного времени, кроме того исключается вероятность завоздушивания приборов [9]
	Пат. №145409 Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли	Опрышко Б.А., Швецов В.А., Петренко О.Е., Белавина О.А., Бессонов А.Ю. / Камчатский государственный технический университет	Конструкция оголовка упрощается, стоимость его снижается; надежность хранения контрольной бирки повышается; защита от проникновения и герметичность обеспечиваются. Использование оголовка позволяет измерять и контролировать уровень и температуру подземных вод, сохранять результаты в законсервированных эксплуатационных и наблюдательных скважинах при отсутствии охраны объектов [10]



Окончание табл.			
1	2	3	4
2015 / 1	Пат. №159851 Оголовки для аварийной наблюдательной самоизливающейся скважины	Опрышко Б.А., Швецов В.А., Петренко О.Е., Лях А.П., Белавина О.А. / Камчатский государственный технический университет	Обеспечение монтажа оголовка для ликвидации излива из аварийной наблюдательной самоизливающейся скважины на обсадную трубу при отсутствии соединительного фланца [11]
2016 / 2	Пат. №164593 Оголовки скважинный	Воронцов В.А. / ООО «Полимерквадрат»	Повышение надежности конструкции оголовка, повышение износостойкости крышки и прижимного фланца оголовка, выполненных из полимерпесчаного материала, при этом сохраняются преимущества металлических и пластмассовых изделий, заключающихся в прочности и стойкости к коррозии, исключается риск возникновения плесени, грибов. Возможность использования оголовка при температурах до $-60^{\circ}\text{C}$ [12]
	Пат. №164052 Оголовки наблюдательной самоизливающейся скважины	Опрышко Б.А., Швецов В.А., Лях А.П., Опрышко А.Б., Белавина О.А. / Камчатский государственный технический университет	Обеспечение непрерывного гидрогеологического мониторинга в любое время года и при любых погодных условиях, а также при отсутствии охраны объектов. Использование оголовка исключает необходимость сброса изливающихся вод на местность, обеспечивает более длительное сохранение наземного участка обсадной трубы в зимнее время года и облегчает выполнение контрольных измерений уровня и температуры подземных вод, снижает затраты на проведение мониторинга [13]
2017 / 1	Пат. №175833 Оголовки самоизливающейся скважины	Опрышко Б.А., Швецов В.А., Лях А.П., Помазкин В.П., Косиненко Р.С., Белавина О.А. / Камчатский государственный технический университет	Автоматизация непрерывного гидрогеологического мониторинга в любое время года и при любых погодных условиях, а также при отсутствии охраны объектов, повышение прочности оголовка и точности результатов мониторинга. Использование оголовка снижает затраты на проведение мониторинга и повышает надежность оголовка [14]
2019 / 2	Пат. №2699638 Оголовки скважинный (варианты)	Фаянс Е.А. / автор	Увеличение допустимого веса прикрепляемого к оголовку оборудования. Упрощение монтажа внешнего оборудования скважины. Обеспечение минимальности горизонтальных габаритов оголовка для скважин максимального диаметра за счет изменения его формы. Целесообразно использовать для глубоких скважин [15]
	Пат. №190825 Оголовки эксплуатационной самоизливающейся скважины	Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А., Опрышко А.Б. / Камчатский государственный технический университет	Снижение трудоемкости изготовления и улучшение условий эксплуатации. Использование оголовка обеспечивает удобство эксплуатации и снижение трудозатрат на изготовление оголовка. Устройство целесообразно использовать для проведения автоматизированного контроля работы скважин водозаборов подземных вод [16]
2020 / 1	Пат. №200932 Оголовки аварийной самоизливающейся скважины	Опрышко Б.А., Швецов В.А., Помазкин В.П., Шагинян А.Э., Ревука А.Н., Белавина О.А. / Камчатский государственный технический университет	Снижение трудоемкости изготовления, снижение массо-габаритных показателей оголовка скважины при отсутствии соединительного фланца. Использование оголовка обеспечивает возможность устранения изливов из аварийных самоизливающихся скважин при отсутствии соединительного фланца [17]
2022 / 1	Пат. №209735 Оголовки наблюдательной скважины	Опрышко Б.А., Швецов В.А., Помазкин В.П., Шагинян А.Э., Ревука А.Н., Белавина О.А. / Камчатский государственный технический университет	Возможность выполнения контрольных измерений уровня и температуры подземных питьевых вод в любое время года и при любых погодных условиях (с применением измерительных приборов, оснащенных телеметрическими станциями). Использование оголовка снижает трудоемкость изготовления, улучшает условия эксплуатации. Устройство целесообразно использовать на скважинах действующих водозаборов подземных вод [18]

Анализ информации, приведенной в таблице, позволяет сделать следующие выводы:

а) работа по усовершенствованию конструкций оголовков для водозаборных скважин продолжается и в настоящее время;

б) Камчатский государственный технический университет продолжает участвовать в совершенствовании технических средств, необходимых для организации мониторинга подземных вод. В сентябре 2023 г. подана заявка № 2023123342 «Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли» [19]. Авторы: Опрышко Б.А., Белов О.А., Швецов В.А., Белавина О.А. Патентообладатель заявки: Камчатский государственный технический университет. Технический результат использования оголовка заключается в обеспечении возможностей непрерывного автоматизированного мониторинга подземных вод, снижении трудоемкости мониторинга в скважинах, расположенных на неохраемых территориях при различных климатических условиях, повышении степени антивандальной защищенности.

### Литература

1. Россия: водохозяйственное устройство / *Черняев А.М. и др.* – Екатеринбург: Аэрокосмоэкология, 1999. – 400 с.
2. Мониторинг месторождений и участков водозаборов питьевых подземных вод: методические рекомендации / Сост. *Б.В. Боревский, Л.С. Язвин, В.П. Закутин*; АОЗТ «ГИДЭК». – М.: МПР РФ, 1998. – 80 с.
3. Оголовок водоподъемной трубы: А.с. 628249 СССР. № 2186089/29-26; заявл. 31.10.1975; опубл. 15.10.1978. Бюл. № 38.
4. Оголовок водозаборной скважины: А.с. 1105581 СССР. № 3397315/23-26; заявл. 19.02.1982; опубл. 30.07.1984. Бюл. № 28.
5. Оголовок скважинный: Патент 76033 Рос. Федерация. № 2008117692/22; заявл. 07.05.2008; опубл. 10.09.2008.
6. Оголовок наблюдательной самоизливающейся скважины: Патент 133189 Рос. Федерация. № 2013109450/03; заявл. 04.03.2013; опубл. 10.10.2013. Бюл. № 28.
7. Оголовок наблюдательной скважины с переменным статическим уровнем: Патент 139322 Рос. Федерация. № 2013152504/03; заявл. 26.11.2013; опубл. 10.04.2014. Бюл. № 10.
8. Оголовок скважинный: Патент 145375 Рос. Федерация. № 2014107079/13; заявл. 25.02.2014; опубл. 20.09.2014. Бюл. № 26.
9. Оголовок наблюдательной самоизливающейся скважины: Патент 145347 Рос. Федерация. № 2014118257/03; заявл. 06.05.2014; опубл. 20.09.2014. Бюл. № 26.
10. Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли: Патент 154509 Рос. Федерация. № 2014150807/03; заявл. 15.12.2014; опубл. 27.08.2015. Бюл. № 24.
11. Оголовок для аварийной наблюдательной самоизливающейся скважины: Патент 159851 Рос. Федерация. № 2015131585/03; заявл. 29.07.2015; опубл. 20.02.2016. Бюл. № 5.
12. Скважинный оголовок: Патент 164593 Рос. Федерация. № 2016107850/03; заявл. 03.03.2016; опубл. 10.09.2016.
13. Оголовок наблюдательной самоизливающейся скважины: Патент 164052 Рос. Федерация. № 2016108412/03; заявл. 09.03.2016; опубл. 20.08.2016. Бюл. № 23.
14. Оголовок самоизливающейся скважины: Патент 175833 Рос. Федерация. № 2017112553; заявл. 12.04.2017; опубл. 21.12.2017. Бюл. № 36.
15. Оголовок скважинный (варианты): Патент 2699638 Рос. Федерация. № 2019103643; заявл. 08.02.2019; опубл. 06.09.2019. Бюл. № 25.
16. Оголовок эксплуатационной самоизливающейся скважины: Патент 190825 Рос. Федерация. № 2019113957; заявл. 06.05.2019; опубл. 15.07.2019. Бюл. № 20.
17. Оголовок аварийной самоизливающейся скважины: Патент 200932 Рос. Федерация. № 2020125332; заявл. 22.07.2020; опубл. 19.11.2020. Бюл. № 32.
18. Оголовок наблюдательной скважины: Патент 209735 Рос. Федерация. № 2021123852; заявл. 09.08.2021; опубл. 22.03.2022. Бюл. № 9.
19. Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли: Заявка на пат. Рос. Федерация. № 2023123342; заявл. 07.09.2023.

УДК 004.8:81'36

**В.С. Волков**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: sswweeett@yandex.ru*

### **К ВОПРОСУ О ЯЗЫКОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ЗАПИСКИ НА ПОЛЯХ)**

В статье констатируются огромные языковые возможности искусственного интеллекта, в частности в сферах автоматического перевода на иностранный язык и реферирования. Обосновывается маловероятность исчезновения профессий, требующих знания иностранного языка ввиду неспособности машины «считывать» модально-оценочный компонент значения языковых единиц обрабатываемого текста, который на уровне слова выступает как «референция», на уровне предложения – как «предикация». Рекомендуются разумная кооперация человека и искусственного интеллекта в языковой деятельности при ведущей роли первой из сторон.

**Ключевые слова:** автоматический перевод, денотат, значение языковой единицы, иностранный язык, искусственный интеллект, коммуникативная функция языка, модальный компонент значения, номинация, предикация, продуктивное реферирование, референт, референция, текст, экспрессия.

**V.S. Volkov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: sswweeett@yandex.ru*

### **ON THE ISSUE OF LANGUAGE CAPABILITIES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (NOTES IN THE MARGINS)**

The enormous linguistic capabilities of artificial intelligence, in particular in the areas of automatic translation into a foreign language and abstracting are stated in the article. The author proves the improbability of the disappearance of professions requiring knowledge of a foreign language, due to the inability of the machine to “read” the modal-evaluative component of the meaning of the linguistic units of the text being processed, which acts as a “reference” at the word level, and as a “predication” at the sentence level. Reasonable cooperation between humans and artificial intelligence in language activities with the leading role of the first party is recommended.

**Key words:** automatic translation, denotat, meaning of a language unit, foreign language, artificial intelligence, communicative function of language, modal component of meaning, nomination, predication, productive abstracting, referent, reference, text, expression.

В XXI в. развитие человеческой цивилизации достигло качественно новых, невероятных высот. Постепенно ускоряющийся научно-технический прогресс с середины прошлого века разворачивается в научно-техническую революцию, которая в последние десятилетия буквально на наших глазах принимает беспрецедентные формы, что во многом обусловлено становлением и развитием инфокоммуникационных и цифровых технологий. Одним из результатов этого явилось создание интеллектуальных компьютерных программ (информационных систем), в частности языковых моделей, представляющих собой комплексы логико-математических и лингвистических программных средств, обеспечивающих поиск человеком информации в режиме текстового взаимодействия на естественном языке. Показательными примерами таких языковых моделей являются системы (словари) автоматического офлайн- и онлайн-перевода уже не только отдельных слов, но и больших связанных текстов (ср. в этой связи различные системы и версии Google, Yandex, BabelFish, Aol, Lingvo, ABBYY Lingvo и др.), а также самообучаемые

алгоритмы машинного перевода. Языковые функции систем, составляемых экспертами, постоянно расширяются: они способны не просто переводить отдельные слова или тексты, но вести поиск синонимов и антонимов, предложений с разными употреблениями слов в классической литературе, определений слов в различных областях знания, примеров выражения прямого и переносного значения, сочетаний слов. В далекое прошлое ушли объемистые бумажные словари, для длительной работы с которыми необходимо было завидное терпение и постоянство. Характерный признак нашего времени – мгновенный доступ к информации на любую тему и любого объема. Языковые системы сегодняшнего дня создают тексты, ведут диалоги с пользователем в режиме получения точных ответов. Предоставляемые ими сведения становятся объектом ссылок в научных дискуссиях по этимологии слов, терминологии и другим разделам языкознания и смежных наук. Разрабатываются приложения для самостоятельного изучения иностранного языка, изучения его словарного запаса, произношения, разговорной практики и общения на всевозможные темы и прочее. Наконец, с появлением нейросетей, которые уже переводят видео на другой язык (сохраняя голос с оригинальной записи и дорисовывая правильное движение губ), человечество оказалось на пороге в мир поистине фантастических возможностей.

Все вышеизложенное захватывает дух и подталкивает к мысли, что интеллектуальная компьютерная программа, обучающая другому (иностранному) языку или предоставляющая запрашиваемую языковую информацию, способна полностью заменить или, по крайней мере, отодвинуть на задний план личность специалиста по этому языку (учителя, преподавателя, переводчика, референта). Действительно, зачем изучать иностранный язык, если общаться с его носителем можно и на родном языке, а в качестве посредника использовать в своем гаджете соответствующее электронное звуковое или печатное приложение-переводчик с неограниченным объемом памяти, превосходящим память любого человека на нашей планете, включая любого носителя этого иностранного языка? Тем не менее существуют языковые факты, которые не позволяют согласиться с таким утверждением и обосновывают интуитивное понимание необходимости присутствия визави именно человека при конечном использовании и обмене языковой информацией. Очевидным косвенным доказательством наличия таких фактов являются, в частности, никуда не исчезающее репетиторство, система общественных институтов (например, курсы, летние лагеря). Воспринимается само собой разумеющимся обязательное участие специалистов в области последовательного и синхронного перевода в мероприятиях значительного государственного и социального масштаба (беседах, встречах, переговорах, съездах, конференциях и проч.). Отсутствует даже намек на возможную перспективу отказа от услуг таких специалистов в ближайшем, да и в отдаленном будущем. Наконец, попытки машинного перевода прозы и поэзии в настоящее время остаются по существу точечными забавными экспериментами, не более.

В этой связи возникает закономерный вопрос: что может человек, но никогда в конечном счете не сможет машина, какой бы мощной она ни была и какой бы памятью она ни обладала? На наш взгляд, ответ на этот вопрос содержится в общеизвестных, традиционных положениях отечественного и зарубежного языкознания о *структуре значения* языкового знака. Это значение, т. е. передаваемая им смысловая информация, всегда двойственно. Всякий языковой знак, взятый на любом уровне языковой иерархии, выражает *два* взаимосвязанных между собой компонента или аспекта значения отображаемого в сообщении объекта, которые обычно обозначаются как обобщенное, «номинативное» и конкретное, «модальное» значения. Номинативное значение (компонент, аспект) – это непосредственное, прямое обозначение (называние) данного объекта, лежащее как бы на поверхности. Модальное значение – это его косвенное, не прямое, иногда скрытое обозначение, выражающее, в широком смысле, субъективное отношение к некоторому объекту автора сообщения, его (личностную) оценку. «Обобщенный компонент значения многократно повторяется в разных актах общения, а конкретный компонент значения приурочен лишь к данному, ситуативно связанному, конкретному высказыванию» [1, с. 12]. В нейтральной речи модальный аспект зачастую ясно не представлен и формально выражен, как правило, минимальным набором языковых средств. Отвечая на поставленный вопрос и забегая вперед, можно предположить, что интеллектуальная машина будет считывать, обрабатывать и выдавать всегда только половину поступающей языковой информации – ее номинативную составляющую, поскольку не является *личностью* и не способна производить ее, в широком смысле, личностную, субъективно-модальную оценку.

Для подтверждения вышесказанного рассмотрим взаимодействие двух аспектов значения языкового знака и тенденции при его машинном переводе на уровне слова, при этом не забывая, что значение слова раскрывается полностью только в контексте предложения как минимальной информативной единицы текста. Значение слова, в широком смысле, – это название некоторого объекта как (потенциального) участника некоторой ситуации. Например, английское нарицательное существительное *ocean*, соответствующее русск. *океан*, в нейтральном употреблении обозначает предмет и имеет значение «большое водное пространство (между материками)» [2]. Это значение на верхнем уровне своей структуры образовано взаимодействием двух компонентов – вещественно-предметного «водное пространство» и признакового «большой» («больше нормы»). Эти два компонента непосредственно формируют номинативный аспект значения слова, его «номинацию». Номинативное значение языкового знака на уровне слова обычно называется денотативным; *денотат* языкового знака соответствует *понятию* в логике.

Модальное (оценочное) значение языкового знака на уровне слова, которое появляется у него только в конкретном употреблении в составе предложения, обычно называют референциальным или *референтом* языкового знака. В данном слове модальный аспект получает минимальное, или нулевое, выражение семантикой признакового компонента «большой» ввиду «вещественного» характера предметного компонента. Модально-референциальный аспект, будучи нулевым, не меняется со сменой формы грамматического числа существительного. Значение (вещественного) предмета также не меняется. Ср. *ocean* – *oceans*; *океан* – *океаны*. Получая команды на перевод предложений на оценочно-нейтральное употребление слова со значением конкретного предмета с английского на русский, искусственный интеллект успешно справляется с заданиями. Ср.: I flew across the ocean twice last week. – На прошлой неделе я дважды перелетел океан. The continent is washed by two oceans. – *Континент омывается двумя океанами* [3].

Модально-референциальный аспект значения слова *ocean* оказывается акцентно выраженным («маркированным») в стилистически окрашенном, необычно-образном, «экспрессивном» употреблении слова в форме множественного числа с абстрактным значением меры, как правило, в предложном сочетании с последующим существительным. Например: *oceans of time* («масса времени») [2]. В этом сочетании в значении слова *oceans* вещественно-предметный компонент «пространство воды» приобретает абстрактный смысл «количество (чего-л.)», а само слово получает модально-экспрессивное значение «(чрезвычайно) большое количество (чего-л.)». Иначе говоря, слово в этом сочетании обозначает не вещественно-конкретный, а абстрактный предмет, приближаясь к значению прилагательного как признакового слова. В данном случае происходит т. н. лексикализация этой формы, т. е. фактически образование другого (производного), абстрактного, слова, у которого уже отсутствует форма единственного числа. Словари-словники приводят это значение и толкуют его как «океан, бездна, неисчислимое множество, неизмеримая масса чего-л.» [2]. Ср. другие примеры: *oceans of tears* («море слез»); *the great oceans* («Мировой океан») [2]. В русском языке акцентное выражение модально-экспрессивного аспекта и, соответственно, появление у слова образного («экспрессивного») значения имеет место в ряде сочетаний формы единственного числа. Ср.: *людской океан*, *океан мыслей и желаний*, *океан возможностей*, и проч.

В двух языках такие сочетания слов уже воспринимаются в «готовом» виде, как устойчивые, фразеологически связанные, и обязательно приводятся в электронных словарях-словниках. Однако в общедоступные версии перевода предложений онлайн эти фразеологизмы могут быть не включены. «Не запомнив» их предварительно, и «не чувствуя», не оценивая модальную экспрессию нестандартных сочетаний, машина переводит их нейтрально-буквально, как свободные сочетания слов, нарушая естественные законы языка перевода. Ср.: I had cried oceans of tears. – (?) Я *выплакал океаны слез*. (правильно: ... *море слез*.) [4]. В этой связи отметим, что существительное в необходимом контексте может переходить из класса существительных, обозначающих вещественные предметы, в класс абстрактных со значением меры и без добавочной экспрессии и лексикализации, с нулевой модальной нагрузкой; с переводом таких употреблений, «запомнив» стандартный механизм их образования, искусственный интеллект успешно справляется. Ср.: *бокал для вина* (предмет) – a wine glass; *бокал вина* (мера) – a glass of wine [5].

Список приведенных устойчивых словосочетаний вряд ли может быть ограничен (фиксирован): он имеет тенденцию к постоянному, произвольному пополнению *ad hoc*, в ходе непосредственного человеческого общения на естественном языке, а в машинных словарях-переводчиках

фиксируется только как постфактум. Память машины-переводчика всегда «отстает», требует постоянного обновления с участием человека, ей каждый раз приходится как бы «догонять» его как творца в каждом случае все новых и новых, *случайных* употреблений данного слова, поскольку у нее изначально отсутствует возможность самостоятельной, *субъективной* оценки выдаваемого или получаемого текста на перевод. Вышеприведенный перевод предложения показывает, что машине недоступно восприятие и выражение модально-референциального аспекта значения языковой единицы, поэтому, если предварительно она технически не запомнит перевод сочетания *oceans of tears* как *море слез*, она его переведет буквально как свободное словосочетание – *океаны слез*, в результате чего модальный компонент русской фразы останется невыраженным, и ее совокупное значение – в целом искаженным. Следует также учитывать, что в процессе развития языка и в результате постоянной повторяемости таких сочетаний общая картина противопоставления «модально-нейтральное – модально-маркированное» употребление пар слов осложняется регулярной потерей экспрессии у отдельных слов, т. е. переходом модально-маркированных употреблений в модально-нейтральные. В этом случае экспрессивный компонент значения слова получает номинативный статус. Например, в паре *water – /the/ waters /of the ocean/* (*вода – воды океана*) еще заметна модальная экспрессия второго члена (ср.: *the deep waters of the Ocean /глубинные воды Океана/*). Однако в устойчивых сочетаниях *narrow waters* (*узкие проходы*), *neutral waters* (*нейтральные воды*) [2] она оказывается вполне утерянной.

Иначе говоря, принципиальное различие между функционированием человеческого языка в естественных условиях, т. е. в ходе коммуникативного акта с участием отправителя (адресанта) и получателя (адресата) сообщения, и в условиях текстового взаимодействия «на естественном языке» между человеком и машиной, заключается в том, что в первом случае все участники коммуникативного акта выступают *субъектами общения*, поскольку одновременно с обменом сообщениями происходит их обязательная субъективная (личностная) оценка. В этих условиях полностью реализуется коммуникативная функция языка как средства человеческого общения. Во втором случае субъектом информационно-текстового взаимодействия (не общения!) остается в конечном счете только человек, поскольку краеугольная языковая функция *личностной оценки* передаваемого или принимаемого информативного текста остается для машины недоступной.

Современный человеческий язык выступает как живое существо, которое в ходе человеческого общения, через языковое творчество людей, постоянно себя воспроизводит в неслучайном количестве произнесенных и произносимых текстов, обязательно создавая при этом все новые и новые уникальные (языковые) формы своего существования. Значения этих языковых форм-единиц, возникающих в каждом коммуникативном акте, представляют собой чрезвычайно сложный и до конца еще далеко не изученный уникальный сплав целого спектра категориальных значений языковых систем грамматики, лексики, фонетики, интонации, на всех уровнях языковой иерархии (слово – словосочетание – предложение, и т. д.). В свете вышесказанного приписываемая искусственному интеллекту даже потенциальная возможность абсолютного запоминания форм и значений вновь возникающих языковых единиц представляется в принципе неосуществимой. Будет всегда существовать, каким бы малым он ни был, временной «люфт» – объективное отставание по времени фиксации модального значения (референта) языкового знака на электронном носителе от его непосредственного возникновения в ходе речевого общения между людьми.

Далее приведем характерный пример такого «незапоминания» при письменном переводе на уровне предложения как элементарной информативной единицы текста. Значение предложения – обозначение некоторой ситуации. Это значение, как и значение слова, образовано двумя компонентами, или имеет два аспекта: номинативный и модальный. Номинативное значение – «номинация» – складывается в результате непосредственного называния «участников» обозначаемой ситуации. Модальное значение предложения, определяемое обычно как синтаксическая модальность или «*предикация*», передает, в широком смысле, связь номинативной составляющей с действительностью [1]. Это значение представляет собой сплав целого ряда синтаксических значений, включая модально-лексические значения личных глагольных форм. Например, предложение *I flew across the ocean twice last week* выражает утверждение, повествование, неэмоциональность, неэкспрессивность, неэмфатичность и др. компоненты предикативного значения.

Рассмотрим в этой связи значения и употребления в конкретных предложениях модального глагола *can*. Как известно из классической грамматики английского языка, этот глагол имеет

только личные формы и может выражать целый ряд значений [6, с. 77–79; 7, с. 119–121; 8, с. 161–164]. Современные машинные словари при переводе на русский язык предложений с этим глаголом, как правило, воспроизводят не все из них, описанные в практических грамматиках английского языка, а только те, которые не предполагают существенного усложнения предикативного (модально-оценочного) значения самих предложений. В частности, машина легко справляется с переводом конструкций с этим глаголом с элементарными модально-лексическими значениями способности, запрещения, просьбы и др., передаваемые стандартными конструкциями. Ср. соответственно: *She can drive a car.* – *Она может водить машину*; *You can't cross the street here.* – *Здесь нельзя переходить улицу*; *Can you give me the book?* – *Вы можете /от/дать мне книгу?* [4]. Однако искусственный интеллект оказывается явно неспособным давать адекватный перевод конструкций с этим глаголом, например, со значениями недоверия (сомнения), удивления, предполагающих бесконечную комбинацию усложненных видо-временных глагольных форм и синтаксической структуры предложения. Ср. соответственно: *She can't be telling lies.* – (?) *Она не может лгать.* (правильно: *Вряд ли она /сейчас/ лжет.* /значение недоверия, сомнения/); *Can you have said it?* – (?) *Ты мог бы это сказать?* (правильно: *Разве/Неужели ты это сказал?* /значение удивления/) [4]. Иначе говоря, машинный переводчик технически «не видит» эти усложненные модально-лексические значения, что потребовало бы невозможного – запоминания фактически бесконечного количества готовых лексических вариантов предложений или их частей. Однако эта невозможная для машины работа оказывается вполне по силам специалисту-переводчику даже начального уровня квалификации, поскольку в его личностном сознании уже заложено потенциальное, субъективное отношение к любому переводимому тексту в виде уникальной и бесконечно сложной организации языковой памяти, изначально включающей в данном случае все значения модального глагола *can* («мочь») как минимум в родном языке. Таким же образом машина вряд ли способна переводить на «правильный» русский язык английские предложения с усложненными предикативными (модальными) значениями настойчивости, вежливой просьбы (в виде вопроса-отрицания), восклицательной отрицательной оценки, несбыточного (малореального) желания и др. Ср. соответственно:

*She will have her own way.* – (?) *У нее будет свой собственный путь.* (правильно: *Она /всегда/ добивается своего.*) [5]; *Won't you sit down?* – (?) *Не присядете ли вы?* (правильно: *Не хотите ли присесть?*) [4]; *A nice friend you turned out to be!* – (?) *Ты оказался хорошим другом!* (правильно: *Хорошим же другом ты оказался!*) [4]; *If I were you!*; *If only I were you!* – (?) *На твоём месте!*; (?) *Если бы я был тобой!* (правильно: *Ах, если бы я был на твоём месте!*) [3; 4].

В заключение из широкой проблематики сопоставительного анализа языковых возможностей человека и искусственного интеллекта рассмотрим в общих чертах реферирование текста, т. е. составление реферата – краткого доклада или презентации по определенной теме. Несомненный интерес в этом отношении представляют *продуктивные* рефераты, которые, по определению, содержат творческое осмысление и критический анализ реферируемого источника [9]. Уже сам характер такого определения дает основание усомниться в способностях машинного интеллекта продуктивного реферирования текста. Действительно, по умолчанию представляются бесспорными безупречные возможности машины на основании формальных синтаксических признаков технически сокращать, «сжимать» исходный текст, например, в сложных предложениях – оставлять их главную часть (главные предложения) и отсекают всегда привносящие дополнительную информацию придаточные предложения, полупредложенческие конструкции, факультативные члены предложения. Другими словами, машина запрограммирована на написание только *репродуктивных* рефератов, воспроизводящих содержание исходного текста в технически сжатом виде. Сопоставим в качестве примера два вида реферирования одного и того же текста:

(Реферируемый текст)

Мазут

Мазу́т – жидкий продукт тёмно-коричневого, иногда чёрного цвета, остаток после выделения из нефти или продуктов её вторичной переработки – бензиновых, керосиновых и газойлевых фракций, выкипающих до 350–360 °С.

Мазут представляет собой смесь углеводородов (с молекулярной массой от 400 до 1000), нефтяных смол (с молекулярной массой 500–3000 и более), асфальтенов, карбенов, карбоидов и органических соединений, содержащих металлы (V, Ni, Fe, Mg, Na, Ca).

Физико-химические свойства мазута зависят от химического состава исходной нефти и степени отгона дистиллятных фракций и характеризуются следующими данными: вязкость 8–80 мм<sup>2</sup>/с (при 100 °С),

плотность 0,89—1 г/см<sup>3</sup> (при 20 °С), температура застывания 10—40 °С, содержание серы 0,5—3,5%, золы до 0,3 %, низшая теплота сгорания 39,4—40,7 МДж/кг.

Мазуты применяются в качестве топлива для паровых котлов, котельных установок и промышленных печей, для производства флотского мазута, тяжёлого моторного топлива для крейцкопфных дизелей и бункерного топлива. Выход мазута составляет около 50 % по массе в расчёте на исходную нефть. В связи с необходимостью углубления её дальнейшей переработки мазут, во все большем масштабе, подвергается дальнейшей переработке, отгоняя под вакуумом дистилляты, выкипающие в пределах 350—420, 350—460, 350—500 и 420—500 °С. Вакуумные дистилляты применяют как сырьё для получения моторных топлив, в процессах каталитического крекинга, гидрокрекинга и дистиллятных смазочных масел. Остаток вакуумной перегонки мазута используют для переработки на установках термического крекинга и коксования, в производстве остаточных масел и гудрона, затем перерабатываемого на битум.

(Репродуктивное реферирование; выполнено машиной)

Мазут – это темно-коричневая или черная жидкость, которая остается после выделения бензиновых, керосиновых и газойлевых фракций из нефти или ее вторичной переработки. Он состоит из углеводородов, нефтяных смол, асфальтенов и других органических соединений, содержащих металлы. Физико-химические свойства мазута зависят от состава исходной нефти и степени отгона дистиллятных фракций. Мазут применяется в паровых котлах, котельных установках, промышленных печах и для производства топлива для судов. Выход мазута составляет около 50% в расчете на исходную нефть. Он подвергается дальнейшей переработке, а его остатки могут быть использованы для производства моторных топлив, смазочных масел и других продуктов [10].

(Продуктивное реферирование; выполнено человеком)

В данном тексте сообщается основная информация о нефтепродукте мазуте. Описывается его внешний вид, химический состав, физико-химические свойства, сферы и технологии применения.

Предложенные примеры реферирования показывают несомненное преимущество продуктивного реферирования – выполняемого только человеком – текстов любого, сколь угодно большого, объема. Такое реферирование позволяет сжимать их содержание, по необходимости, вплоть до нескольких строк или даже одной фразы. Машина превосходно «умеет» изложить одну и ту же единицу информации более короткими по физической протяженности лексическими и синтаксическими средствами, но, как представляется, она вряд ли способна кратко *оценить* реферируемый текст, перечислить основные его положения, оставляя и отделяя общее от частного, главное от второстепенного, важное от второстепенного, нужное от ненужного, хорошее от плохого и прочее. Очевидно, наилучший результат реферирования текста можно получать, комбинируя отмеченные возможности человека и машины, при ведущей роли первой, и подчиненной роли второй из сторон.

Итог проведенного исследования представляют следующие положения:

1. В настоящее время происходит беспрецедентное развитие инфокоммуникационных и цифровых технологий, одним из направлений которого является создание языковых моделей автоматического перевода и обработки различной языковой информации

2. Огромные функциональные возможности все большего количества разрабатываемых, совершенствующихся и обновляемых систем и версий языковых моделей (программных приложений, веб-служб машинного перевода и др.) подталкивают к мысли о перспективе исчезновения профессий, требующих специальное, углубленное знание иностранного языка – учителя (преподавателя), переводчика, референта – и возложения их «функций» на искусственный интеллект.

3. Такая перспектива, даже самая отдаленная, представляется маловероятной, поскольку интеллектуальная машина любой мощности и памяти оказывается всего лишь объектом языкового общения, но не его субъектом: как показывает проведенный анализ, машина способна принимать, обрабатывать и порождать языковую информацию только в номинативном, «техническом» аспекте ее значения. Модально-оценочный аспект этого значения – личностное восприятие, осмысление и сообщение – остается исключительной прерогативой человека. На уровне слова этот аспект выступает как референциальное значение, на уровне предложения – как предикативное значение.

4. Человеческий (естественный) язык как социальное явление выполняет свою коммуникативную функцию в процессе общения между людьми в виде бесконечной и даже потенциально необозримой череды коммуникативных актов. Результатом каждого из них оказывается новая языковая (речевая) информация, представляющая собой исключительно сложный и вряд ли полностью объяснимый сплав целого спектра категориальных значений языковых систем грамматики,



лексики, фонетики, интонации, на всех уровнях иерархии языковых единиц (слово – словосочетание – предложение, и т. д.).

5. Значение языковой единицы, возникшее в результате (одного) коммуникативного акта – уникальная комбинация его номинативного и модального аспектов, – может быть с точностью воспроизведено только в «готовом» виде – в виде цитаты. Хотя и постоянно обновляемая, языковая память искусственного интеллекта технически фиксирует, как постфактум, лишь отдельные номинативные компоненты этого значения в виде слов, словосочетаний, синтаксических конструкций и проч. Кроме того, языковая память машины по времени всегда «отстает» от языкового события (коммуникативного акта), что исключает возможность абсолютного, даже «технического», запоминания форм и значений вновь возникающих языковых единиц. Иначе говоря, будет всегда существовать, каким бы малым он ни был, временной «люфт» – объективное отставание по времени фиксации модального значения (референта) языкового знака на электронном носителе от его непосредственного возникновения в ходе речевого общения между людьми.

6. Сами создатели и разработчики инструментов автоматического перевода ставят задачу только «помочь читателю понять *общий* (*курсив наш.* – В. В.) смысл содержания текста на иностранном языке», регулярно подчеркивая их ограничения и отмечая невозможность предоставления абсолютно «точных» переводов [5]. Приведенные в работе относительно редкие примеры явных переводческих ошибок со стороны машины показывают, что их вероятность возрастает по мере усложнения значения предложения как минимальной информативной единицы. В этой связи человеку следует трезво оценивать огромный переводческий потенциал искусственного интеллекта, *лично* контролируя и проверяя качество выполненного автоматического перевода. Такой переводческий «союз», несомненно, будет оказывать благотворное влияние на обе стороны и отражаться, в частности, в предъявлении работодателем специалисту в области иностранного языка все более «жестких» профессиональных и должностных требований. Очевидно, необходимость языкового союза «человек – машина» не столь актуальна при переводе технических инструкций и специально-научных текстов с минимальной референциальной (модально-лексической) и предикативной (модально-синтаксической) нагрузкой его частей. И столь же очевидна важность контроля и перепроверки человеком автоматического перевода научно-популярных, общественно-политических и др. текстов со значительным присутствием элементов разговорного языка. Наконец, представляется совершенно невозможным (даже черновой!) автоматический перевод для широкой публики прозаических и поэтических текстов с абсолютно преобладающей модальностью символов и скрытых смыслов, когда переводческая деятельность человека превращается в (личное) творчество и остается единственно возможным средством перевода.

7. Проведенный анализ автоматического реферирования узкопрофессионального (технического, научного) текста также свидетельствует в пользу разумной кооперации в этой сфере человека и машины, в которой человек всегда останется ведущей, основной стороной. Машина в процессе репродуктивного реферирования частично сокращает текст, технически отсекая дополнительную информацию, в то время как человек при его дальнейшем – продуктивном – реферировании способен кратко *оценить* данный текст, сжав его содержание, при необходимости, до нескольких строк или даже одного предложения.

### Литература

1. Блох М.Я. Теоретические основы грамматики. – 3-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2002. – 160 с.
2. Словарь АБВУД® Lingvo® x5, x6 (профессиональные версии) // [www.ABVUD.ru](http://www.ABVUD.ru); [www.Lingvo.ru](http://www.Lingvo.ru).
3. LingvoLive Переводчик онлайн. – URL: <https://www.lingvolive.com/ru-ru> (дата обращения: 21.10.2023).
4. Google Переводчик онлайн (Google Translate). – URL: <https://translate.google.com/?hl=ru&sl=auto&tl=en&text=%D0%BE%D0%BA%D0%B5%D0%B0%D0%BD%20%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BC%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B9&op=translate> (дата обращения: 18.10.2023).
5. Яндекс Переводчик онлайн. – URL: [https://yandex.ru/seach/?text=%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%BE-%D1%80%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9+](https://yandex.ru/seach/?text=%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%BE-%D1%80%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9+%)

D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8C+%D0%BE%D0%BD+%D0%BB%D0%B0%D0%B9%D0%BD&l=78 (дата обращения: 21.10.2023).

6. *Волков В.С.* Грамматика английского языка. Морфология: Учебное пособие (практикум). – 2-изд., перераб. и доп. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2021. – 182 с.

7. Грамматика английского языка (на английском языке) / *В.Л. Каушанская, Р.Л. Ковнер, О.Н. Кожевникова, Е.В. Прокофьева, З.М. Райнес, С.Е. Сквирская, Ф.Я. Цырлина.* – Л.: Просвещение, 1973. – 319 с.

8. Грамматика английского языка. Морфология (на английском языке) / *Н.А. Кобрина, Е.А. Корнеева, М.И. Оссовская, К.А. Гузеева.* – М.: Просвещение, 1985. – 288 с.

9. Академик. Центр помощи студентам. URL: <https://studlance.ru/blog/vidy-referatov-kakimi-oni-byvayut> (дата обращения: 20.10.2023).

10. ChatGPT. – URL: <https://chat-gpt.org/ru/chat>(дата обращения: 21.10.2023).

УДК 556.3

**Б.А. Опрышко<sup>1</sup>, О.А. Белавина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский водоканал,  
Петропавловск-Камчатский, 683009  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru;

<sup>2</sup> Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003

## **ОГОЛОВОК НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ СО СТАТИЧЕСКИМ УРОВНЕМ НИЖЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ**

Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли для месторождений пресных подземных вод относится к области технических средств, необходимых для автоматизированного мониторинга подземных вод с использованием автономных измерительных устройств. Технический результат полезной модели – автоматизация мониторинга подземных вод, снижение трудоемкости мониторинга подземных вод, повышение степени антивандальной защищенности.

**Ключевые слова:** подземные воды, водозаборные скважины, средства технического обеспечения водозаборных скважин.

**B.A. Opryshko<sup>1</sup>, O.A. Belavina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Kamchatsky Vodokanal,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683009  
e-mail: oni@kamchatgtu.ru;

<sup>2</sup> Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003

## **OBSERVATION WELLHEAD WITH A STATIC LEVEL BELOW THE GROUND SURFACE**

The observation wellhead with a static level below the ground surface for fresh groundwater deposits belongs to the field of technical means necessary for automated monitoring of groundwater using autonomous measuring devices. The technical result of the utility model is the automation of groundwater monitoring, reducing the complexity of groundwater monitoring, increasing the degree of vandal-proof protection.

**Key words:** groundwater, water intake wells, technical support means of water intake wells.

Основа жизни – природные водные ресурсы. Деятельность человека и расточительное водопользование привели к истощению и загрязнению источников природных вод. Следовательно, необходимо совершенствовать существующие и разрабатывать новые технические средства для оснащения водозаборных скважин месторождений подземных пресных питьевых вод. Камчатский государственный технический университет продолжает участвовать в совершенствовании технических средств, необходимых для организации мониторинга подземных вод. В сентябре 2023 г. подана заявка № 2023123342 «Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли». Авторы: Опрышко Б.А., Белов О.А., Швецов В.А., Белавина О.А. Патентообладатель заявки: Камчатский государственный технический университет. Рассмотрим содержание предлагаемой полезной модели.

Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли для месторождений пресных подземных вод относится к области технических средств, необходимых для автоматизированного мониторинга подземных вод с использованием автономных измерительных устройств.

При разработке полезной модели был проведен патентный поиск, в результате которого были определены аналог и прототип полезной модели.

В качестве аналога выбран известный оголовок скважины [1]. Конструкция оголовка представлена на рис. 1. У этого оголовка имеются следующие недостатки: низкая антивандальная защищенность; сложность изготовления и эксплуатации замка оголовка; отсутствие герметичности крышки-оголовка.

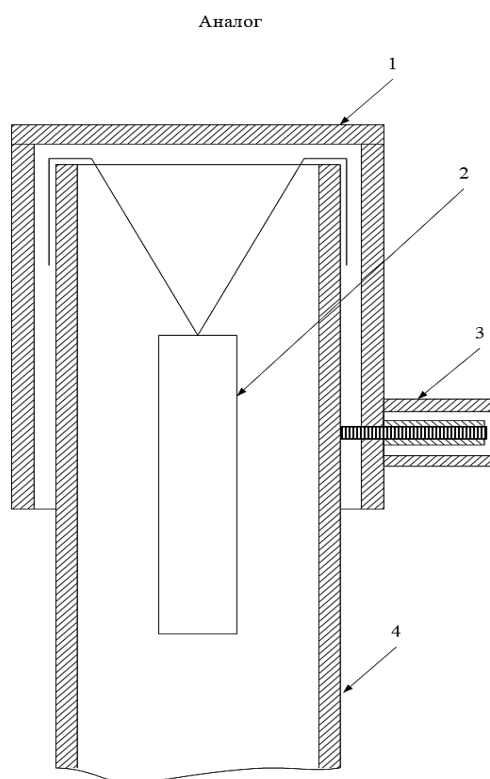


Рис. 1. Аналог. Оголовок скважины [1]:

1 – оголовок-крышка; 2 – подвесная контрольная бирка; 3 – замок оголовка; 4 – патрубок

В качестве прототипа выбран наиболее близкий к предлагаемому устройству оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли [2]. Конструкция оголовка представлена на рис. 2. У этого оголовка имеются следующие недостатки: недостаточная антивандальная защищенность болтового соединения фланцевой заглушки с отверстием; отсутствие возможности выполнения контрольных измерений параметров подземных вод и непрерывного их мониторинга с использованием автономных датчиков и регистраторов.

Техническим результатом полезной модели является автоматизация мониторинга подземных вод, снижение трудоемкости мониторинга подземных вод, повышение степени антивандальной защищенности. Полезная модель иллюстрируется чертежом, приведенным на рис. 3.

Полезная модель осуществляется следующим образом. На крепежную деталь 12 петлей крепится трос 13 с прикрепленным автономным измерительным устройством 16, при этом измерительное устройство предварительно программируется на необходимый интервал регистрации, крепежная деталь 12 укладывается на фланец устья скважины и совмещается с отверстиями, фланцевая заглушка с отверстием 5 и прикрепленный к ней при помощи сварного соединения 15 вертикальный стальной патрубок с наружной резьбой 6 устанавливается на устье скважины, фланцевая заглушка 5 крепится к устью скважины болтовыми соединениями 11, при этом под головки болтов и под гайки заводятся гроверные шайбы 14, болтовые соединения обтягиваются до полной выжимки гроверных шайб. Из стального контейнера 8 извлекается контрольная бирка, в которую производится запись об уровне подземных вод на момент погружения автономного измерительного устройства, контрольная бирка возвращается в контейнер и закрывается резиновой конусной пробкой 10, стальная крышка с внутренней резьбой 7 навинчивается на вертикальный стальной патрубок 6 и выжимается до упора трубным ключом № 5.

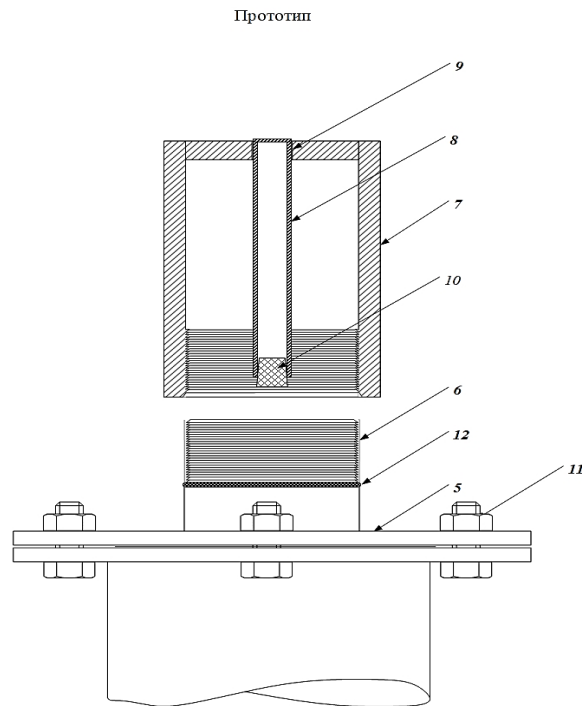


Рис. 2. Прототип. Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли [2]:  
 5 – фланцевая заглушка с отверстием; 6 – вертикальный стальной патрубок с наружной резьбой;  
 7 – стальная крышка с внутренней резьбой; 8 – стальной контейнер для хранения контрольной бирки;  
 9 – резьбовое соединение стального контейнера; 10 – резиновая конусная пробка;  
 11 – болтовое соединение фланцевой заглушки с отверстием; 12 – резиновое уплотнительное кольцо

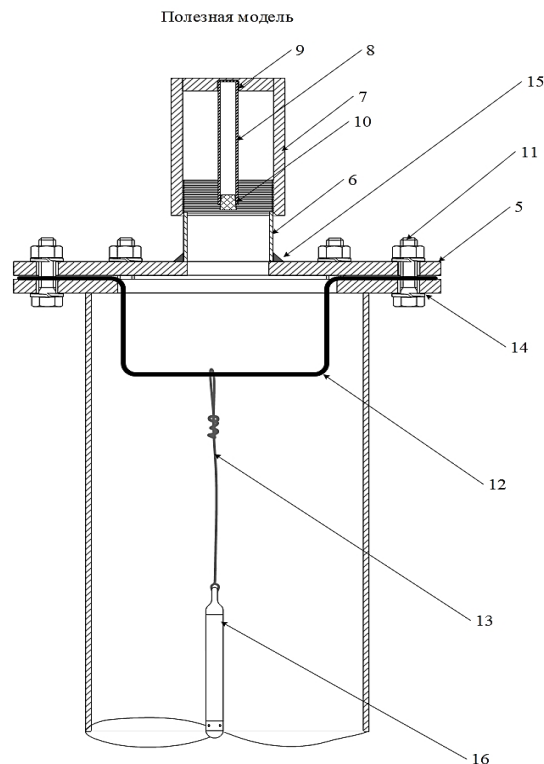


Рис. 3. Полезная модель [3]: 5 – фланцевая заглушка с отверстием;  
 6 – вертикальный стальной патрубок с наружной резьбой; 7 – стальная крышка с внутренней резьбой;  
 8 – стальной контейнер для хранения контрольной бирки; 9 – резьбовое соединение стального контейнера;  
 10 – резиновая конусная пробка; 11 – болтовое соединение фланцевой заглушки с отверстием;  
 12 – крепежная деталь; 13 – трос для крепления автономных измерительных устройств; 14 – гроверная шайба;  
 15 – сварное соединение вертикального стального патрубка; 16 – автономное измерительное устройство

Для получения результатов мониторинга, выполненного автономным измерительным устройством, стальная крышка с внутренней резьбой 7 отвинчивается от стального патрубка 6 трубным ключом, ловильный инструмент, выполненный в виде стального крючка длиной 0,5 м, заводится в вертикальный стальной патрубок 6, и производится захват троса 13, после захвата трос вытягивается из скважины до извлечения измерительного устройства. Из измерительного устройства при помощи полевого компьютера извлекаются результаты мониторинга, прибор крепится к тросу, трос заводится в вертикальный стальной патрубок, стальная крышка с внутренней резьбой навинчивается на вертикальный стальной патрубок трубным ключом до упора.

Использование предлагаемого оголовка обеспечивает, по сравнению с применяемыми в настоящее время оголовками, следующие преимущества: проведение непрерывного автоматизированного мониторинга подземных вод с использованием автономных измерительных устройств, снижение трудоемкости мониторинга подземных вод, повышение степени антивандальной защищенности.

Предлагаемое устройство целесообразно использовать для проведения непрерывного автоматизированного мониторинга подземных вод с использованием автономных измерительных устройств, в наблюдательных скважинах, расположенных на территориях при отсутствии охраны объекта и при различных климатических условиях.

### Литература

1. Организация и производство наблюдений за режимом уровня, напора и дебита подземных вод (метод. рекомендации) / Сост.: А.Б. Лебедев, С.М. Семенов, Ю.Б. Чалидзе; науч. ред.: А.А. Коноплянцев. – М.: Министерство геологии СССР. – Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО). – 1983. – С. 21.
2. Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли: Патент 154509 Рос. Федерация. № 20141150807; заявл. 15.12.2014; опубл. 27.08.2015. Бюл. № 26.
3. Оголовок наблюдательной скважины со статическим уровнем ниже поверхности земли: Заявка на пат. Рос. Федерация. № 2023123342; заявл. 07.09.2023.

УДК 556.3

**Б.А. Опрышко<sup>1</sup>, В.А. Швецов<sup>2</sup>, О.А. Белавина<sup>2</sup>, Д.П. Ястребов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский водоканал,  
Петропавловск-Камчатский, 683009  
e-mail: BAOpрыshko@pkvoda.ru;

<sup>2</sup> Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003

### **К ВОПРОСУ СМЕЩЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ ДАТЧИКА ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИБОРОВ LEVELLOGGER EDGE**

Авторы исследовали зависимость смещения показаний датчика гидростатического давления приборов levellogger edge от времени их эксплуатации. Сравнили эту зависимость с зависимостью, приведенной фирмой Solinst. Анализ результатов исследований показал, что смещение показаний датчика гидростатического давления прибора levellogger edge значительно увеличивается после 7,5 года их эксплуатации в условиях Камчатского края. Авторы предполагают, что фирма Solinst, заявляя назначенный срок службы, не учитывает влияние региональных климатических условий, в которых эксплуатируются приборы levellogger edge. Полученные результаты исследований могут быть использованы работниками водоканалов и гидрогеологами в северных регионах.

**Ключевые слова:** зависимость смещения показаний датчика, датчик гидростатического давления, Solinst, levellogger edge, назначенный срок службы прибора.

**В.А. Opryshko<sup>1</sup>, V.A. Shvetsov<sup>2</sup>, O.A. Belavina<sup>2</sup>, D.P. Yastrebov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Kamchatka Vodokanal,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683009  
e-mail: BAOpрыshko@pkvoda.ru;

<sup>2</sup> Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003

### **ON ISSUE OF HYDROSTATIC PRESSURE SENSOR READINGS OFFSET OF LEVELLOGGER EDGE DEVICES**

The dependence of the hydrostatic pressure sensor readings offset of levellogger edge devices from the time of its operation was investigated. This dependence was compared with the dependence given by "Solinst". The analysis of the research results showed that the hydrostatic pressure sensor readings offset of levellogger edge device increases significantly after 7.5 years of their operation in Kamchatka Territory. It was suggested that "Solinst", stating the assigned service life, does not take into account the influence of regional climatic conditions in which levellogger edge devices are operated. The obtained research results can be used by employees of water utilities and hydrogeologists in northern regions.

**Key words:** dependence of device readings offset, hydrostatic pressure sensor, Solinst, levellogger edge, assigned service life of the device.

В последнее время работники водоканалов и гидрогеологи широко используют автоматизированные устройства для мониторинга питьевых подземных вод – приборы levellogger edge. Внешний вид прибора levellogger edge в натуральную величину представлен на рис. 1.



Рис. 1. Прибор для измерения уровня и температуры воды levellogger edge

Известно [1], что у датчиков гидростатического давления приборов levelogger edge с течением времени эксплуатации происходит смещение их показаний. Поэтому результаты измерений уровня воды в водозаборных скважинах могут содержать систематическую погрешность [1].

Величина этой погрешности зависит от условий, в которых эксплуатируются levelogger edge и времени их эксплуатации.

Фирма Solinst приводит [1] график зависимости отклонения нулевой точки датчика давления от откалиброванного с течением времени. Этот график без изменений представлен на рис. 2.

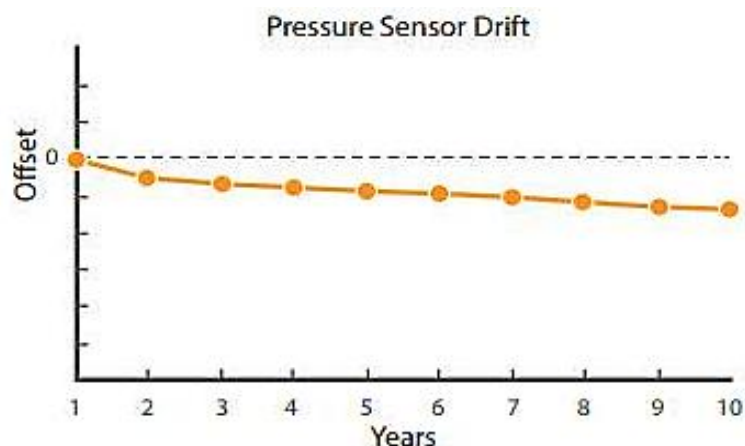


Рис. 2. Зависимость смещения показаний датчика гидростатического давления от времени эксплуатации

Из рис. 2 следует, что отклонение показаний датчика гидростатического давления приборов levelogger edge от откалиброванных значений с течением времени эксплуатации изменяется примерно по линейной зависимости и находится в узком интервале значений. Это позволяет внести поправку в результаты измерений уровня воды в водозаборных скважинах.

Однако следует учесть, что зависимость, приведенная на рис. 2, получена специалистами фирмы Solinst для регионов с теплым и умеренным климатом. Поэтому необходимо построить аналогичную зависимость для приборов levelogger edge, эксплуатируемых в Камчатском крае.

Авторы выполнили необходимые полевые [2] и лабораторные [1] испытания приборов levelogger и получили зависимость смещения показаний датчиков гидростатического давления приборов levelogger edge от времени их эксплуатации. Эта зависимость приведена на рис. 3.

Зависимость смещения показаний датчика гидростатического давления приборов levelogger edge от времени их эксплуатации в условиях Камчатского края

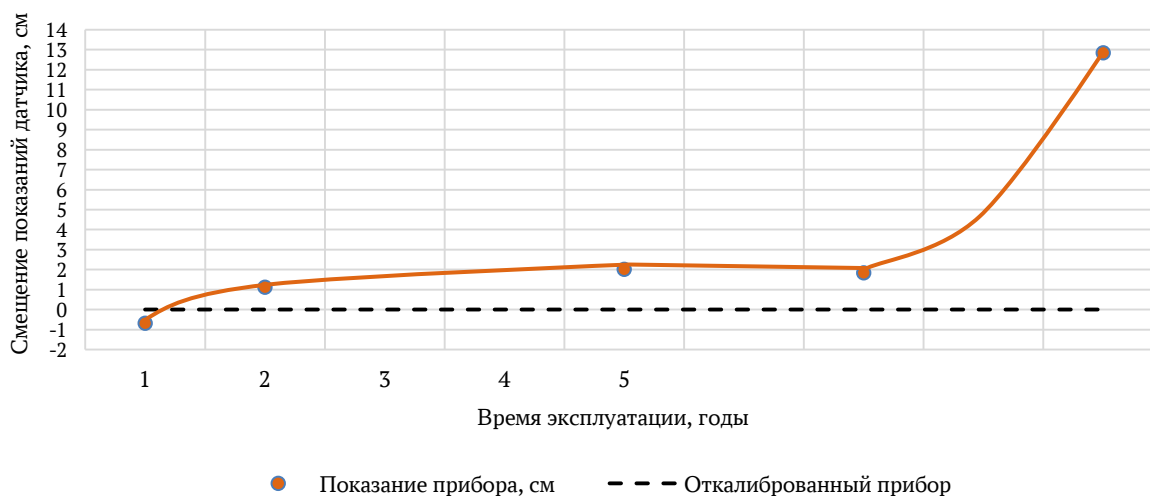


Рис. 3. Зависимость смещения показаний датчика гидростатического давления приборов levelogger edge от времени их эксплуатации в условиях Камчатского края



Из рис. 3 следует, что смещение показаний датчика гидростатического давления приборов levelogger edge значительно увеличивается после 7,5 года их эксплуатации в условиях Камчатского края.

Выводы:

1. Проверку приборов levelogger edge в полевых условиях следует выполнять при введении приборов в эксплуатацию.
2. Проверки приборов в лабораторных условиях следует выполнять после их непрерывной эксплуатации в течение 7,5 года.
3. Гарантийный срок эксплуатации приборов levelogger edge в условиях Камчатского края меньше срока эксплуатации, заявленного изготовителем.

### Литература

1. Tricia Lane. Understanding Pressure Sensor Accuracy, Precision, Resolution & Drift. Solinst technical bulletin. Solinst Canada Ltd. Georgetown, Ontario Canada. 2020. – URL: <https://www.solinst.com/products/dataloggers-and-telemetry/3001-levelogger-series/technical-bulletins/understanding-pressure-sensor-drift.pdf> (дата обращения: 19.09.2023).
2. Методические указания по производству наблюдений за режимом температуры подземных вод / сост. *Н.М. Фролов, В.Н. Шкатулкин*. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1982. – 40 с.

УДК 639.2.06

**О.И. Шестак, Е.А. Бойко**

*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
Владивосток, 690087  
e-mail: alena.nogina.03@mail.ru*

### **КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ И КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РЫБОЛОВНОГО ФЛОТА: СССР VS РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**

В статье дается сравнительная характеристика состояния рыболовного флота СССР и Российской Федерации. Показаны проблемные стороны в развитии советского рыбопромыслового флота, неоднозначный характер его результатов и его влияние кризис рыбохозяйственной отрасли начала 1990-х годов.

**Ключевые слова:** рыболовный флот, суда рыболовного флота.

**O.I. Shestak, E.A. Boyko**

*Far Eastern State Technical Fisheries University,  
Vladivostok, 690087  
e-mail: alena.nogina.03@mail.ru*

### **QUANTITATIVE AND QUALITATIVE COMPOSITION OF FISHING FLEET: THE USSR VS THE RUSSIAN FEDERATION**

The comparative description of fishing fleet state of the USSR and the Russian Federation is given in the article. The problematic aspects in the Soviet fishing fleet development, the ambiguous nature of its results and its impact on the crisis of the fishing industry in the early 1990s are shown.

**Key words:** fishing fleet, fishing ships.

Формирование российского рыболовного флота пришлось на советский исторический период. До 1917 г. рыбное хозяйство носило бассейновый характер, где бассейны существенно различались между собой характером организации производства, структурами управления, формами собственности на рыболовные участки, используемыми методами и орудиями лова. За исключением Балтийского бассейна и Дальневосточного района, рыболовство базировалось преимущественно на использовании рыбных ресурсов внутренних водоемов – рек, озер и прибрежных районов, прилегающих к России морей, что обуславливало его техническую отсталость и кустарный характер. Основную массу уловов – свыше 80% – давал прибрежный пассивный промысел с использованием ставных орудий лова – сетей, ярусов, сетных и проволочных ловушек, крючковых снастей [1, с. 137]. Океаническое рыболовство практически не развивалось, в отличие от иных зарубежных стран, небогатых рыбными ресурсами прибрежных районов и внутренних водоемов [1, с. 147]. Прибрежный рыболовный флот состоял преимущественно из малых парусных судов и легких гребных баркасов, учет которых фактически нигде не велся.

В первые годы советской власти унаследованный от Российской империи флот состоял из 391 самоходного и 4 862 парусно-гребного судна [2, с. 34]. Из этого перечня более-менее современный флот был представлен 24 судами, построенными на судостроительных верфях Англии и Шотландии, из которых 3 – зверобойные, 4 – краболовы, остальные – рыболовные суда открытых морей [3]. Краболовы и два промысловых судна эксплуатировались в дальневосточных морях, остальные были приписаны к Архангельскому порту [3]. Возрастной состав судов рыбопромыслового флота, доставшегося СССР от Российской империи, представлен в табл. 1.

В конце 1918 г. в структуре ВСНХ было образовано Центральное управление рыбными промыслами в России – Главрыба, с отделениями в крупнейших промышленных районах страны [5]. В функции объединений Главрыбы на местах вошли выдача кредитов рыбакам на приоб-

ретение необходимого рыболовного инвентаря, снабжение их продовольствием, закупка добытой рыбы. В 1920 г. обязанности объединения расширились – на Главрыбу были возложены управление эксплуатацией биологических ресурсов, организация промысла и строительства новых промысловых судов, забота о реконструкции береговых баз рыболовства [6, с. 56].

Таблица 1

**Возрастной состав самоходных судов рыболовного флота России в первые годы советской власти**

Назначение судна	<5 лет	5-10 лет	11-20 лет	21-30 лет	>30 лет
Траулер	4	5	8	1	–
Зверобойное	1	2	–	–	1
Краболов	–	–	4	1	–
Иные моторные и парусно-моторные суда	–	10	81	158	115

*Примечание:* составлено авторами по источникам [3, 4]

С началом НЭПа государственная монополия на водные угодья, введенная в 1918 г., была отменена, а рыбная промышленность переведена на хозрасчет. Под контролем государства оставались лишь участки на промыслах в Волго-Каспийском, Дагестанском, Уральском, Персидском, Керченском, Мурманском районах и зверобойные промыслы Каспия и Севера. Остальные угодья переходили в эксплуатацию на основе аренды через потребительскую кооперацию (Центросоюз) промысловым товариществам и второстепенным государственным заготовителям [7, с. 95]. Отрасль разбивалась на государственные предприятия, кооперативные и частные. В оставшихся за государством основных промысловых районах начинает создаваться рыбоперерабатывающие предприятия и крупный рыбопромысловый флот.

За период с 1921 г. и до конца 1920-х гг. Северный флот был обновлен 10 современными рыболовными судами открытых морей, произведенных на верфях Германии.

6 июля 1929 г. было принято постановление СНК СССР «О развитии рыбной промышленности», обязывающее органы управления на местах организовать в бассейнах рыбоконсервную отрасль и перейти к океаническому рыболовству [10, с. 30]. Развитие океанического рыболовства потребовало современного рыбопромыслового флота и централизованного государственного регулирования, поскольку, с одной стороны, это совершенно иные объемы добычи, нуждающиеся в распределении, с другой, это необходимость регулирования вопросов добычи на международном уровне.

Со второй половины 1920-х годов в стране набирают обороты индустриализация и коллективизация. 13 февраля 1930 г. Постановлением ВЦИК и СНК СССР было создано Всесоюзное объединение рыбной промышленности и хозяйства – Союзрыба, затем снова была реорганизована в Главное Управление рыбной и морской зверобойной промышленностью, и хозяйством – Главрыба Наркомснаба СССР, а с конца 1934 г. Наркомпищепрома СССР.

В 1930 г. началось пополнение флота новыми рыболовецкими судами – было спущено на воду 2 305 деревянных судов. В 1930–31 гг., впервые в СССР на Северном Каспии появились флотилии сейнеров, вооруженных близнецовыми тралами, положившими начало механизированному судовому промыслу во внутренних водоемах – они получили название сейнерных неводов. В 1928 г. каспийский механизированный флот состоял из 19 траулеров, а в 1932 г. их стало уже 78. В 1928 г. сейнеров на Каспии не было, а в 1932 г. их насчитывалось уже 34. В эти же годы на астраханских судостроительных предприятиях было заложено более двухсот маломерных моторных рыболовных судов и запущено производство большого количества двигателей для использования на судах и тонях [5]. То же самое происходит и в других бассейнах. В Северном бассейне был создан Мурманский траловый флот, ряд рыбодобывающих сельдяных и зверобойных флотов (Мурзверрыбпром), в 1934 г. был построен Мурманский морской рыбный порт, повсеместно строились траловые причалы [5]. Аналогичная ситуация складывается и в остальных бассейнах.

К концу 1930-х годов в рыбодобывающий флот был обеспечен 237 современными траулерами, распределенными между Каспийским, Северным и Дальневосточным бассейнами. Из которых 54% были суда, произведенные на советских верфях. При этом основная масса флота –

маломерные суда, из которых 26% имели возраст старше 30 лет, 18% – от 20 до 30 лет. Общий качественный состав флота не был высоким, а отечественные верфи не обеспечивали потребностей промысловиков, и доля крупнотоннажных судов зарубежного производства продолжала превышать 40% советского флота.

С началом Великой отечественной войны произошло смещение рыбодобычи в Дальневосточный бассейн, часть рыбодобывающего флота северных и южных морей была перепрофилирована под военные нужды, часть утеряна в годы войны. Причем в первую очередь пострадал крупно- и среднетоннажный механизированный флот [5]. В послевоенный период часть флота была восстановлена за счет трофейных судов, составлявших около 11% механизированного рыбодобывающего флота послевоенного периода.

Новый этап в развитии рыболовного флота начался со второй половины 1950-х годов. В 1959 г. на XXI съезде КПСС был принят семилетний план развития народного хозяйства на 1959–1965 гг. Главной целью развития рыбной промышленности было определено создание современного океанического флота – строительство и введение в эксплуатацию крупнотоннажных рыболовных судов, их оснащение радиоакустическими и радиолокационными приборами, морозильными камерами и т.д.

За период 1960–1990 гг. флот рыбной промышленности СССР существенно возрос в количественном и трансформировался в качественном составе (табл. 2).

Таблица 2

Динамика численности флота рыбной промышленности СССР в 1960–1990 гг.

Показатели	1960	1965	1970	1975	1980	1986	1990
Общая численность флота, ед.	61 341	57 088	46 292	44 429	41 642	36 432	3 728
в том числе:							
самоходные суда	18 971	18 461	17 958	18 516	19 027	18 976	17 364
несамоходные суда	42 372	38 627	28 334	25 913	22 615	17 456	17 364
Удельный вес самоходного флота, %	30,9	32,3	38,8	41,7	45,7	52,1	50,0
Добывающий самоходный флот, ед.	11 364	11 537	11 213	11 292	11 837	12 008	12 193
Общая мощность добывающего флота, тыс. л.с.	1 470,2	1 932,4	2 651,2	3 284,8	3 345,4	3 367,4	3 380,4

*Примечание:* составлено авторами на основе источников [4; 8, с. 204–207; 9, с. 60–63; 10, с. 34]

Изменение количественного состава самоходного (добывающего) флота рыбной промышленности относительно 1940 г. выглядит еще более существенно (табл. 3).

Таблица 3

Изменение количественных характеристик самоходного добывающего флота рыбной промышленности, относительно к 1940 г. в %

Показатели	1960	1965	1970	1975	1980	1986	1990
Количество самоходных добывающих судов	264,3	306,8	308,9	309,2	297,6	297,3	296,9
Общая мощность двигателей на добывающих судах	560,7	1558,3	2012,5	2651,1	2716,9	3390,2	4008,1
Мощность двигателя на одно добывающее судно	217,9	368,8	516,7	640,4	727,3	984,0	993,1
Объемы среднегодового улова добывающего флота, млн т	3,615	3,890	6,630	9,308	9,512	8,900	8,880

*Примечание:* составлено авторами на основе источников [4; 8, с. 204–207; 9, с. 60–63; 10, с. 34]

Объем инвестиций в строительство флота в 1960-е – 1970-е гг. составлял в среднем 75–76% ежегодно. Ставка в строительстве флота делалась на его мощность. Если количественный состав самоходного флота варьировался в пределах 17–19 тысяч судов, то мощность флота увеличилась

в разы. Но при этом в развитии флота были и существенные издержки. Рост мощности рыбодобывающего флота был завязан на стратегической цели, поставленной перед рыбной промышленностью – обеспечение населения рыбной продукцией, а животноводства и других отраслей народного хозяйства (кондитерской, фармацевтической, текстильной) – кормовой рыбной мукой и сырьем, вырабатываемым из рыбы и других биоресурсов моря. В ходе реализации данной цели была выбрана «валовая» стратегия, которая предполагала максимально допустимое изъятие из существующих запасов гидробионтов и поступление всего объема добытого сырья на внутренний рыбный рынок, а также расширение сырьевой базы за счет открытия новых районов и объектов промысла. В итоге к концу 1970-х гг. внутренний рынок был переполнен, продукция не потреблялась и в итоге уходила на переработку или вовсе уничтожалась. Предприятия несли существенные издержки, а крупный флот оказался нерентабельным, и к концу 1980-х гг. предприятия стали от него избавляться.

В конце 1980-х гг. возникли проблемы и с модернизацией флота. По виду главных двигателей суда флота рыбной промышленности разделялись на дизельные (92%), дизель-электрические (7%) и паровые (менее 1%). В СССР полностью отсутствовало производство дизелей в диапазоне от 1 500 до 3 000 л. с., что в итоге и затрудняло модернизаций. А флот в ней нуждался, поскольку из-за непрерывной эксплуатации двигатели постоянно выходили из строя. Не производились в СССР и малогабаритные двигатели, что препятствовало развитию малотоннажного флота для морского прибрежного рыболовства и внутренних водоемов. Не производились и дизели мощностью от 18 до 120 л. с. для маломерных судов внутренних водоемов. Главные и вспомогательные двигатели советского производства существенно уступали по расходу топлива и удельной массе зарубежным аналогам и имели меньшую эксплуатационную надежность. Для судов, произведенных за рубежом, доля которых составляла около 26% советского флота, в ограниченном количестве поставлялись комплектующие, что приводило к постоянному выходу судов из строя. Отечественное электрооборудование для маломерных судов не удовлетворяло требованиям по массо-габаритным показателям, исполнению, роду защиты от внешней среды и надежности. Для беспалубных судов это означало потерю надежности, угрозу безопасности мореплавания и эксплуатации.

В итоге уже к середине 1980-х гг. суда 1960-х – 1970-х годов постройки начали массово выходить из строя, а эксплуатация крупнотоннажных судов из-за недостаточной рентабельности была невыгодна предприятиям.

Возрастной состав флота также свидетельствовал и его недостаточном качестве. Значительная доля судов, преимущественно малотоннажного флота прошли критический возрастной рубеж или подходили к нему, более молодые суда выходили из строя из-за несовершенства оборудования и невозможности модернизации (табл. 4).

Таблица 4

Возрастной состав самоходных судов рыболовного флота СССР в 1986 г.

	<5 лет	5–10 лет	11–20 лет	21–30 лет	>30 лет
Численность самоходных судов	1 960	2 318	4 605	6 780	3 313
Доля в %	10,3	12,2	24,3	35,7	17,5

*Примечание:* составлено авторами по источникам [4, 11, 12]

К институциональному кризису 1991 г. рыболовный флот уже требовал как существенной модернизации, так и пересмотра концептуального подхода целей рыбохозяйственной отрасли. «Валовая» стратегия лова вела к банкротству как отрасли в целом, так и отдельных предприятий. После распада СССР подскочила цена на топливо для судов, и эксплуатация крупнотоннажных судов стала абсолютно невыгодна. Уже в начале 1990-х годов почти все крупнотоннажные суда были проданы или преждевременно списаны [4]. Следом за ними в течение первой половины 1990-х гг. были проданы и списаны все суда, требующие модернизации и зарубежных комплектующих, либо обслуживания за рубежом. Оставшийся флот начал быстро стареть.

Проблемы флота не были обусловлены только лишь экономическими трансформацией, бесконтрольной приватизацией и разрушением хозяйственных связей, как это принято считать в современной литературе. Эти проблемы были заложены уже в советский период и проявились

уже в первой половине 1980-х годов, что отражало и снижение численности флота за счет выбытия, и падение объемов вылова.

Институциональный кризис в отрасли, начавшийся в 1991 г., во многом был схож с ситуацией 1917 г. Отрасль вступила в эпоху преобразований, обусловленную сменой форм собственности, правовых основ, регулирующих рыбохозяйственную деятельность, и модели отраслевого управления. Новые собственники сбрасывали балласт в виде нерентабельных судов, судов устаревших, или судов, которые требовали дорогостоящего обслуживания и модернизации на зарубежных верфях. Отказ от государственного регулирования рыбохозяйственной деятельности в начале 1990-х годов и прекращение финансовой поддержки привели и вовсе к развалу отрасли.

И тем не менее рыбная продукция сохраняла высокую востребованность как на внутреннем рынке, так и на внешнем. Необходимость во флоте у предприятий, оставшихся на плаву, привела к переориентации рыбодобытчиков на внешние рынки. Несмотря на сложные условия, флот обновлялся. Строились и закупались новые суда, преимущественно в Норвегии, в Германии, на Тайване. Продолжалось строительство судов и на российский верфях.

Введение долгосрочного закрепления долей квот добычи (вылова) водных биоресурсов в 2008 г. позволило повысить доступность кредитно-финансовых механизмов для отраслевиков под строительство рыболовного флота. Финансовые институты, получив гарантию кредитоспособности заемщиков, стали выдавать рыбопромышленным компаниям долгосрочные кредиты, что позволило предприятиям нарастить экономическую отдачу, повысить эффективность промысла и зайти на обновление флота.

Таблица 5

**Рыбопромышленный флот Российской Федерации в 2023 году**

	<5 лет	5–10 лет	11–20 лет	21–30 лет	>30 лет
Общая численность флота, ед.	3 532	962	1 089	519	7 453
самоходные суда	658	346	318	103	3 034
несамоходные суда	2 874	616	771	416	4 419
Удельный вес самоходного флота, %	18,6	36,0	29,2	19,8	40,7
Добывающий самоходный флот, ед.	234	94	108	43	1 782

*Примечание:* составлено авторами на основе источника [13]

Подводя итоги, следует отметить, что состояние рыболовного флота Российской Федерации на сегодняшний день во многом аналогично его состоянию в первые годы советской власти. Незавершенность формирования системы управления отраслью и недостаточность регулирования добычи водных биоресурсов, отсутствие четких целей в развитии рыболовства препятствуют восстановлению отрасли и ее необходимому ресурсообеспечению. Очевидно, что если не измерять развитие рыбного хозяйства валовыми показателями и не ставить их во главу угла, то объективной потребности в значительном океаническом флоте, который был создан в СССР в 1960-е годы, в современных рыночных условиях нет. И тем не менее вопрос обновления флота на фоне роста внутренних цен на рыбу и острой конкуренции в рыболовстве с Японией, Норвегией, Китаем, Перу, США и др., обострившейся в последнее время, встал особенно остро.

### Литература

1. Шестак О.И. Становление государственного управления рыбохозяйственной деятельностью в России до 1917 г. // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2023. – Т. 64, № 2. – С. 132–151.
2. Свидерский В.Г. Из истории развития рыболовства на Дальнем Востоке. – Владивосток: Приморурполиграфиздат, 1990. – 199 с.
3. Регистр судов 1931-1932. – М.: ОГИЗ ГОССТРАНИЗДАТ, 1932. – 185 с.
4. Владельцы и операторы судов – СССР // База данных портала водный транспорт [Электронный ресурс]. – URL: <https://fleetphoto.ru/owners/?rid=90> (дата обращения: 21.10.2023).

5. История создания предприятий и организаций рыбной промышленности СССР [Электронный ресурс]. – URL: <https://rybflot.com/home/istoriya-sozdaniya-predpriyatij-i-organizatsij-rybnoj-promyshlennosti-sssr/> (дата обращения: 21.10.2023).
6. Собрание узаконений и распоряжений правительства за 1920 г. – М.: Управление делами Совнаркома СССР, 1943. – 264 с.
7. Мандрик А.Т. История рыбной промышленности российского Дальнего Востока (50-е годы XVII в. – 20-е годы XX в.). – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 192 с.
8. Сысоев Н.П. Экономика рыбной промышленности: 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 455 с.
9. Рыбное хозяйство за 60 лет в цифрах: Юбилейный статистический сборник. – М.: ЦНИИТЭРХ, 1977.
10. Статистические сведения по рыбной промышленности за 1982-1986 годы. – М.: ВНИРО, 1987. – 51 с.
11. Павлов А.С. Морские суда СССР, 1945-1991: Список-исследование. Ч. I: Суда, построенные в СССР. – Якутск: Ахсаан, 2011. – 328 с.
12. Павлов А.С. Морские суда СССР, 1945-1991: Список-исследование. Ч. 2: Суда иностранной постройки. – Якутск: Ахсаан, 2012. – 440 с.
13. Регистровая книга судов: 2023 год. – Санкт-Петербург: Российский морской регистр судодоходства, 2019. – 901 с.

УДК 613.86

**И.А. Яблуновский, М.Ю. Бобров**

*Камчатский государственный технический университет,  
Петропавловск-Камчатский, 683003  
e-mail: iliya12345xs@gmail.com*

## **ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ЭКИПАЖЕЙ СУДОВ**

Исходя из того, что суровые морские условия требуют от личного состава качественного выполнения поставленных задач, данная статья посвящена рассмотрению основных проблем со здоровьем, возникающих у плавсостава среднестатистического судна. Рассмотрены основные трудности со здоровьем, возникающие у моряка во время рейса, а также даны практические рекомендации по решению этих проблем.

**Ключевые слова:** психологическое и физиологическое здоровье, упражнения по снятию стресса и поддержанию психологического здоровья.

**I.A. Yablunovsky, M.Y. Bobrov**

*Kamchatka State Technical University,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003  
e-mail: iliya12345xs@gmail.com*

## **MAIN ASPECTS OF PSYCHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL HEALTH OF SHIP CREWS**

Based on the fact that harsh sea conditions require the personnel to perform their tasks efficiently, this article is devoted to the main health problems that the crew of average vessel obtain. The main health difficulties during a voyage are considered. The practical recommendations for solving these problems are also given.

**Key words:** psychological and physiological health, exercises to relieve stress and to maintain psychological health.

Ни для кого не секрет, что в современном мире существует большое количество сложных и опасных профессий и одна из таких профессий – это профессия моряка. Неблагоприятные факторы внешней окружающей среды постоянно воздействуют на экипаж любого судна. Длительные рейсы на плохо подготовленных моряков могут оказывать тяжелое влияние [1].

К таким трудностям можно отнести различные лишения моряка, мелкие и узкие пространства в помещениях судна и самое главное каютах. Для инженерной команды судна появляются такие трудности, как шумы и вибрации. Существуют и факторы круглосуточной работы, интенсивные рабочие смены. Стоит отметить, что все современные суда оснащены радиоэлектронными средствами. Поэтому увеличивается доля электромагнитных излучений в различных диапазонах, получаемых экипажем за рейс. Еще одним частым фактором повышения слабости и утомляемости может стать переход судна через несколько разных часовых поясов. Все это может пагубно сказываться на здоровье моряков как физическом, так и психологическом [2].

Множество исследований показывают, что при недостаточной физической активности происходит заметное ухудшение нервной системы, и силовая активность специалистов может снизиться в несколько раз. Около 75% экипажа после длительного рейса нуждаются в психической реабилитации. Процесс адаптации моряка к нелегким условиям рейса начинается в первые один-два месяца рейса, после этого следует короткий период адекватной реакции, который, как правило, длится один месяц. А через три-четыре месяца у плавсостава начинается явление дезадаптации. Данное явление проявляется в частичной или полной утрате способности человека приспособиваться к различным условиям социальной среды [3].



Также из исследования К.Ю. Вологина в статье «Динамика психоэмоционального статуса моряков в северных морях» проводился опрос моряков в возрастах от 19 до 45 лет, на основании которого были получены данные, что к концу рейса уровень тревожности вырос на 70% от первоначального. Также практически у всего плавсостава заметно снижается уровень активности и уровень настроения. Как правило, спустя один или два месяца у моряков появляются характерные жалобы, которые обычно проявляются в повышенной раздражительности, возбудимости, утомляемости, нарушения сна и снижении памяти [4].

Рекомендациями по снижению тревожности и стресса во время рейса и поддержанию общего здоровья всех членов экипажа могут стать такие упражнения, как прослушивание в группах классической и мелодической музыки, а также упражнения медленных манипуляционных движений. Подробнее о данной методике поддержания психологического здоровья плавсостава можно узнать из исследования, описанного в статье В.В. Лупачева «Опыт профилактики эмоционального стресса с помощью методик музыкотерапии и медленных манипуляционных движений у рыбаков во время длительного морского рейса». Данное исследование выявляло уровень тревожности у плавсостава, и по результатам данного исследования найдены действенные методы, способные поддержать психологическое здоровье моряков [5].

Метод музыкотерапии был основан на прослушивании классической мелодичной музыки, а именно таких произведений авторов, как Чайковского («Манфред», «Времена года»), Шопена (ноктюрны), Шумана («симфонические этюды»). А второй эксперимент был основан на методе медленных манипуляционных движений, он заключался в том, что человек от двух до пяти минут перебирает бусины, нанизанные на замкнутую нить (четки). Во время такой процедуры снижается частота сердечных сокращений на 2–10 ударов в минуту.

Из данного исследования автор научной работы сделал ряд выводов, на основании которых можно с уверенностью заявить, что данные методики в индивидуальном порядке способны существенно снизить уровень психологического и эмоционального напряжения в условиях сложной трудовой морской деятельности. Стоит отметить, что применение этих методов сугубо индивидуально.

Еще одним важным показателем здоровья моряков является показатель сердечно-сосудистой системы. Регулярные физические нагрузки способствуют снижению патологий, диабета, ожирения и остеопороза. У людей физически активных заметно снижается риск формирования ишемической болезни сердца (ИБС) [6].

В статье «Показатели системы кровообращения у российских моряков при работе на судах иностранных фирм» Р.Б. Богданова было проведено исследование, в котором рассматривался показатель артериального давления у моряков. По итогам данного исследования было выявлено, что функциональное состояние органов кровообращения у моряков больше зависит от продолжительности рейсов, чем от климатических условий плавания. По результатам исследования применение дозированных физических нагрузок снижает развитие выраженного утомления у значительных групп плавсостава, а также появляется возможность выявить снижение резервных возможностей сердечно-сосудистой системы [7].

Исходя из вышесказанного, важно понять, что занятие спортом в условиях морского рейса становится крайне важным и основополагающим пунктом в списке поддержания здоровья моряков. В подтверждение вышеозвученной мысли существует научная работа И.В. Кулекина, в ходе которой был произведен опрос курсантов различных курсов и уже состоявшихся профессионально судоводителей. По результатам исследования сделан вывод о практичности применения и эффективности упражнений в морских условиях. Такими упражнениями являются атлетическая гимнастика с использованием тренажеров, беговые упражнения с использованием тренажеров, комплексы общеразвивающих физических упражнений и спортивные игры с малым количеством участников, а также уменьшенными размерами площадок, примерами могут стать: настольный теннис, мини-футбол, баскетбол на одно кольцо. Стоит отметить, что в процессе занятия физической культурой должны решаться задачи развития физических качеств и укрепления здоровья [8].

Чтобы поддержать моряку свое здоровье во время длительного рейса следует придерживаться некоторых правил. Первый пункт: для поддержания здоровья, бесспорно, это соблюдение правильного питания, или по-другому диеты. Правильная еда, наполненная большим количеством витаминов и сбалансированная по количеству белков, жиров и углеводов, способствует притоку сил и повышению настроения в суровых морских условиях. Так как организм каждого человека индивидуален, необходимо выстраивать диету на основе химических анализов и состояния здоровья. Это следует делать на приеме у специалистов диетологов и терапевтов [9].

Также немаловажным способом поддержания здоровья во время рейса является регулярное занятие физическими нагрузками. Они способны снизить тревожность и беспокойство, улучшают сон и помогают держать вес под контролем. И в добавление ко всему вышеперечисленному особенно важно отметить наличие полноценного отдыха.

Соблюдение всех вышеперечисленных рекомендаций во время длительных морских рейсов способствует поддержанию психофизического и физиологического здоровья моряка. Хорошее здоровье моряка – это в первую очередь его способность качественно и достойно выполнять свою работу в любых суровых условиях.

### Литература

1. *Бобров М.Ю., Гуров В.Д.* Организация физической подготовки для экипажей судов [Электронный ресурс] // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-fizicheskoy-podgotovki-dlya-ekipazhey-sudov> (дата обращения: 19.09.2023).

2. *Бородулина Е.В., Елисеева Л.Н.* Влияние увеличения двигательной активности на сердечно-сосудистую систему и психоэмоциональный статус моряков в период плавания [Электронный ресурс] // Пермский медицинский журнал. – 2012. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-uvelicheniya-dvigatelnoy-aktivnosti-na-serdechnososudistuyu-sistemu-i-psihoemotsionalnyy-status-moryakov-v-period-plavaniya> (дата обращения: 19.09.2023).

3. *Богданов Р.Б., Лупачев В.В.* Состояние психоэмоциональной сферы у российских моряков, работающих на судах иностранных фирм // Экология человека. – 2009. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-psihoemotsionalnoy-sfery-u-rossiyskih-moryakov-rabotayuschih-na-sudah-inostrannyh-firm> (дата обращения: 20.09.2023).

4. *Вологина К.Ю., Вайгачев И.В.* Динамика психоэмоционального статуса моряков в северных морях [Электронный ресурс] // Мировая наука. – 2021. – № 3 (48). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-psihoemotsionalnogo-statusa-moryakov-v-severnyh-moryah-1> (дата обращения: 21.09.2023).

5. Опыт профилактики эмоционального стресса с помощью методик музыкотерапии и медленных манипуляционных движений у рыбаков во время длительного морского рейса [Электронный ресурс] / *В.В. Лупачев, Р.В. Кубасов, Е.Д. Кубасова, И.А. Крылов, Г.В. Корельская* // Общественный вестник «Сознание». – 2022. – № 9. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-profilaktiki-emotsionalnogo-stressa-s-pomoschyu-metodik-muzykotterapii-i-medlennyh-manipulyatsionnyh-dvizheniy-u-rybakov-vo> (дата обращения: 21.09.2023).

6. *Голованов С.А., Кулькова И.В.* Лечебная и оздоровительная физическая культура в профилактике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний [Электронный ресурс] // Географическая среда и живые системы. – 2017. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lechebnaya-i-ozdorovitel'naya-fizicheskaya-kulturav-profilaktike-i-lechenii-serdechno-sosudistyh-zabolevaniy> (дата обращения: 24.09.2023).

7. *Богданов Р.Б., Лупачев В.В.* Реадаптация моряков после работы на судах иностранных и российских компаний [Электронный ресурс] // Arctic Environmental Research. – 2011. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/readaptatsiya-moryakov-posle-raboty-na-sudah-inostrannyh-i-rossiyskih-kompaniy> (дата обращения: 24.09.2023).

8. *Кулекин И.В.* Состав приоритетных физических упражнений для курсантов-судоводителей в условиях длительной плавательной практики [Электронный ресурс] // Ученые записки университета Лесгафта. – 2011. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostav-prioritetnyh-fizicheskikh-uprazhneniy-dlya-kursantov-sudovoditeley-v-usloviyah-dlitelnoy-plavatelnoy-praktiki> (дата обращения: 29.09.2023).

9. *Балакирева Е.А., Еремка Е.В., Баланова Л.Г.* Лечебное и профилактическое действие физических упражнений [Электронный ресурс] // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports. – 2007. – № 5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lechebnoe-i-profilakticheskoe-deystvie-fizicheskikh-uprazhneniy> (дата обращения: 28.09.2023).

## СПИСОК ОРГАНИЗАЦИЙ – УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ И ИХ АДРЕСА

### **ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»**

83001, г. Донецк, ул. Артема, д. 58

Тел.: +7 (856) 301-07-09

E-mail: donntu.info@mail.ru

### **УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»**

246029, Республика Беларусь, г. Гомель, пр-т Октября, д. 48

Тел.: (+375 232) 22-46-36

E-mail: rector@gstu.by

### **ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»**

690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, д. 52 Б

Тел.: + 7 (423) 244-03-06

E-mail: office@dgtru.ru

### **ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»**

г. Калининград, Советский проспект, д. 1

Тел.: +7 (0112) 99-59-01

E-mail: rector@klgtu.ru

### **ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»**

198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7

Тел.: +7 (812) 748-96-92, +7 (812) 748-96-93

E-mail: otd\_o@gumrf.ru

### **Филиал Ухтинского государственного технического университета**

169710, Республика Коми, г. Усинск, ул. Нефтяников, д. 33

Тел.: +7 (82144) 29-1-74

E-mail: mail@ugtu.net

### **КГУП «Камчатский водоканал»**

683009, г. Петропавловск-Камчатский, пр. Циолковского, 3/1

Тел.: +7 (4152) 21-86-10

Факс: +7 (4152) 21-86-29

E-mail: Priemnaya@pkvoda.ru