

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»**

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПОСТРОЙКИ И
ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ СУДОВ
И СООРУЖЕНИЙ**

**ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
г. Севастополь, 22-23 ноября 2023 г.**

Севастополь 2023

УДК [629.5+656.6](06)
ББК 39.4я43
А43

Научный редактор С.В. Василенко, канд. техн. наук, доцент

Организаторы конференции:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

Оргкомитет конференции:

Председатель: Евстигнеев М.П. – д-р. техн. наук, профессор.

Заместители председателя: Душко В.Р. – канд. техн. наук, доцент.

Бурков Д.В. – канд. техн. наук, доцент.

Члены:

Аблаев А.Р. – канд. техн. наук, доцент.

Балашов М.Г. – канд. техн. наук, доцент.

Курочкин Л.Е. – доцент.

Пархоменко В.Н. – канд. техн. наук, доцент.

Перепада К.В. – канд. техн. наук, доцент.

Холопцев А.В. – д-р геогр. наук, профессор.

Сахно К.Н. – д-р техн. наук, доцент.

Василенко С.В. – канд. техн. наук, доцент (секретарь).

А43 Актуальные вопросы проектирования, постройки и эксплуатации морских судов и сооружений : труды всероссийской научно-практической конференции, Севастополь, 22-23 ноября 2023 г. / М-во науки и высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет ; науч. ред. С. В. Василенко. – Севастополь : СевГУ, 2023. – 98 с.

В сборнике представлены труды конференции по результатам научно-исследовательских работ ученых, аспирантов и студентов в области проектирования, постройки и эксплуатации морских судов и сооружений.

Все труды публикуются в авторской редакции.

УДК [629.5+656.6](06)
ББК 39.4я43

Сборник индексируется в РИНЦ согласно лицензионному договору № 2168-07/2015К от 23.07.2015.

©Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Андреев А.С., Иванова О.А., Родькина А.В. Электроды сравнения, как будущее в защите корпусов судов и кораблей от коррозии.....	4
Балашов М.Г., Заименко В.К. Устройство регистрации скорости судов при модельных испытаниях	8
Балашов М.Г., Ковтун А.А. Современные виды парусного вооружения, устанавливаемые на судах	13
Балашов М.Г., Чемакина Т.Л., Головкин А.А. Экспериментальные исследования на физической модели взаимного влияния корпусов катамаранов	18
Балашов М.Г., Шапошников Я.Л. Методика расчета гребного колеса	22
Галий В.А., Стороженко В.В. Применение методов теории игр для построения рациональной системы специального гидрометеорологического обеспечения морских судов на северном морском пути в условиях стратегической неопределенности.....	29
Захаров В.В. Некоторые аспекты в развитии грузоперевозок морем в 2023 году.....	35
Касьянов В.С., Родькина А.В., Балагурак А.В. Особенности оперативной доставки автономных необитаемых подводных аппаратов воздушным путем.....	40
Курочкин Л.Е., Холопцев А.В. Современные тенденции изменений повторяемости сильных ветров над районами российской арктики.....	44
Кушнер Г.А. Определение собственных частот колебаний гребного вала с учетом формы износа кормового дейдвудного подшипника	56
Литвинов Р.А., Иванова О.А., Родькина А.В. Специфика коррозионных процессов корпусных конструкций морских объектов в среде сероводорода	62
Паршин А.А. Тенденция перехода морских судов на жидкое топливо	65
Петрушечкин А.Ю., Борисов К.И., Ходжиев И.З. Алгоритмы при создании Искусственного Интеллекта которые нужно учитывать в решении задач современного судовождения с минимизацией человеческого участия и постепенным переходом на без экипажный флот.....	69
Симененко С.А., Никитин Е.В. Обоснование актуальности анализа устойчивости многозвенных систем погрузки и выгрузки крупногабаритных и тяжеловесных грузов на судне	80
Тверская С.Е. Повышение ресурса работы установки очистки нефтесодержащих трюмных вод	83
Фролов В.В., Аркин Р.В., Янковский Д.А. Настройки параметров безопасности электронной картографической навигационно-информационной системы	89

ЭЛЕКТРОДЫ СРАВНЕНИЯ, КАК БУДУЩЕЕ В ЗАЩИТЕ КОРПУСОВ СУДОВ И КОРАБЛЕЙ ОТ КОРРОЗИИ

Андреев Александр Сергеевич

студент группы К/б-21-1-о

E-mail: aas081203@gmail.com

Иванова Ольга Александровна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: o.a.ivanova.kmt@mail.ru

Родькина Анна Владимировна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: a.v.rodkina@mail.ru

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33*

COMPARISON ELECTRODES AS THE FUTURE IN PROTECTING THE HULLS OF SHIPS AND SHIPS FROM CORROSION

Andreev Alexander Sergeevich

student of the K/b group-21-1- Oh

E-mail: aas081203@gmail.com

Ivanova Olga Alexandrovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

E-mail: o.a.ivanova.kmt@mail.ru

Rodkina Anna Vladimirovna Candidate

of Technical Sciences, Associate Professor

E-mail: a.v.rodkina@mail.ru

*Federal State Autonomous Educational Institution
of Higher Education "Sevastopol State University" ,
33 Universitetskaya str., Sevastopol, 299053*

АННОТАЦИЯ. В статье произведен анализ электродов сравнения, как способа защиты от коррозии подводной части судов. Был произведен полный анализ хлорсеребрянного электрода сравнения, рассмотрены его плюсы и минусы. На основе имеющихся минусов был предложен улучшенный вариант хлорсеребрянного электрода сравнения, а именно пористый хлорсеребрянный электрод сравнения. Рассмотрено его функционирование и технологии создания. Был предложен вариант улучшения фиксирования токоподвода к электроду на пористом хлорсеребрянном электроде сравнения.

Ключевые слова: коррозия, хлорсеребряный электрод сравнения, пористый хлорсеребряный электрод сравнения, токоподвод.

ABSTRACT. The article analyzes the comparison electrodes as a method of corrosion protection of the underwater part of ships. A complete analysis of the silver chloride reference electrode was performed, its pros and cons were considered. Based on the available disadvantages, an improved version of the silver chloride comparison electrode was proposed, namely a porous silver chloride comparison electrode. Its functioning and creation technologies are considered. An option was proposed to improve the fixation of the current supply to the electrode on a porous silver chloride reference electrode.

Keywords: corrosion, silver chloride reference electrode, porous silver chloride reference electrode, current line.

Коррозия – это процесс разрушения металла под воздействием агрессивной среды морской воды, богатой разнообразными солями. Коррозия наносит непоправимый ущерб корпусам, трубопроводам и другим судовым конструкциям, так как в местах, подверженных коррозии, металл становится тоньше, снижается прочность конструкции и корпуса в целом. Для предупреждения любого коррозионного процесса применяют три основных способа предотвращения коррозии:

- лакокрасочные покрытия;
- протекторная защита
- катодная защита

Наиболее надежный и экономически выгодный способ защиты от коррозии подводной части корпусов судов и сооружений из вышеперечисленных это –электрохимическая катодная защита наложенным током. Осуществляется с помощью электродов сравнения. На судне электроды сравнения служат для измерения потенциала подводной части корпуса судна или любой защищаемой конструкции.

Хлорсеребряный электрод в настоящее время является самым распространенным электродом, так как обладает следующими преимуществами:

- держит постоянный потенциал в течение длительного времени;
- механически устойчив;
- стабилен в эксплуатации;
- работает в среде окислителей и восстановителей;
- может применяться в реакциях нейтрализации, осаждения.

На практике, для защиты от коррозии, в основном применяются электроды сравнения ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» [1]. Определенным недостатком существующей технологии производства данного электрода является применение летучего наполнителя углекислого аммония, дисперсность которого изменяется при введении в состав и его перемешивании.

В этом случае контроля пористости при изготовлении нет, а это не обеспечивает стабильность в достигнутом токе и возможном отравлении электродом при длительной эксплуатации. Другими словами, летучий наполнитель должен иметь стабильную форму и размер, что позволит стабилизировать состав электродов (их свойства в массовом производстве).

Чтобы минимизировать данные минусы в Харьковском политехническом университете и Севастопольском национальном техническом университете [2] был разработан пористый электрод сравнения, состоящий из состоит из хлорсеребряного брикета диаметром 8–10 мм и длиной 10–15 мм и серебряной проволоки диаметром 0,2 см, длиной 50–60 мм.

Данный электрод может использоваться в судостроении в качестве датчиков сигнала автоматических систем катодной защиты, а также для контрольных измерений потенциалов алюминиевых и стальных корпусов и плавсредств, оборудованных системой электрохимической защиты от коррозии. У предлагаемого пористого хлорсеребряного электрода сравнения есть ряд преимуществ, это:

- порообразующее вещество увеличивает истинную рабочую поверхность электрода при неизменных габаритах и допускает увеличение рабочего анодного тока до 80 мкА;
- стабилизирован состав по количеству и качеству пор в электроде;
- появляется возможность посчитать площадь смачиваемой поверхности электрода и, следовательно, определить точные параметры защиты.

Поставленной задачей исследования является улучшение конструкции пористого хлорсеребряного электрода сравнения. На данный момент контактный токопровод (серебряная проволока, выходящая из брикета электрода) хрупкий и быстро приходит в неисправность, вплоть до перелома у основания, что полностью выводит из строя электрод. Предлагается методика создания защитного корпуса для электрода и его токопровода, которая состоит в следующем:

- разработка 3D-макета электрода сравнения,
- печатать макета на 3D-принтере,
- изготовление силиконовой формы-трафарета, чтобы обеспечить возможность использовать её для создания идентичных электродов сравнения,
- электрод с присоединённым к нему токопроводом вставляется силиконовую форму-трафарет,
- свободное пространство между электродом и формой-трафаретом заливается эпоксидной смолой, и остается до застывания,

- выполнение постобработки – устранение заусенцев и др. дефектов поверхности.

Решение поставленной задачи обеспечит долговечность электрода сравнения и возможность создания дополнительного ответвления контакта токопровода при необходимости.

Библиографический список

1 Кузьмин, Ю.Л. Новая система электрохимической катодной защиты судов от коррозии / Ю.Л. Кузьмин, В.Н. Трощенко, Т.Е. Медяник, Г.В. Тарандо, Л.Д. Ротц, Н.Н. Купцова // Судостроение. – СПб.: Центр технологии судостроения и судоремонта, 2003. – № 6. – С. 35–37.

2 Пат. 93240 Украина, МПК7 G01N 27/30, H01M 4/34. Способ изготовления пористого хлорсеребряного электрода сравнения / Ожиганов Ю.Г., Ожиганов О.Ю., Лебедь Е.К., Иванова О.А.; заявитель и патентообладатель СевНТУ. – № а200813288; заяв. 17.11.08; опубл. 25.01.11, Бюл. №2.

ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ГРЕБНОГО КОЛЕСА НА ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Балашов Михаил Георгиевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: mbalashov@yandex.ru

Заименко Виктория Константиновна

студент

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33*

STUDIES OF THE OPERATION OF THE PADDLE WHEEL ON A PHYSIC AL MODEL

Balashov Michail Georgievich

Candidate of Technical Science, Assistant Professor

Zaimenko Victorya Kostantinovna

Student

*Federal State Educational Institution
of Higher Education "Sevastopol State University"
Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053*

АННОТАЦИЯ. Построена физическая модель гребного колеса (ГК) и выполнены эксперименты в опытовом бассейне по определению тяги гребного колеса.

Ключевые слова: гребные колеса, эксперимент, тяга гребного колеса.

ABSTRACT. A physical model of the paddle wheel was constructed and experiments were performed in the experimental pool to determine the thrust of the paddle wheel.

Keywords: Rowing wheels, experiment, the thrust of the paddle wheel.

Гребным колесом называется частично погруженный движитель, вращающийся около горизонтальной оси, расположенной поперек судна. Плицы устанавливаются по периферии колеса. Существуют два основных типа гребного колеса: с неподвижными и с поворотными плечами. Неподвижные плечи имеют направление радиуса колеса.

Схема колеса показана на рисунке 1 [1]. Каждая плечо шарнирно укреплено на оси A . К задней стороне плеча жестко прикреплен рычаг b (костыль), соединенный шарниром с тягой d . Другой конец тяги d соединен с эксцентриком c . При вращении колеса относительно его оси O плечи

поворачиваются. Проходя часть своего пути в воде, плицы сообщают ей ускорение и воспринимают от нее реактивный упор.

Таким образом, для гребного колеса характерно то, что его лопасти движутся на границе свободной поверхности воды и частично на некоторой глубине. В связи с этим упор и к.п.д. гребного колеса зависят от числа Фруда. Для идеального к.п.д. гребного колеса, полученного в результате рассмотрения работы идеального движителя вблизи свободной поверхности воды, справедливо следующее выражение А. М. Басина:

$$\eta_i = \frac{1}{1 + \frac{v_a}{2v_p} + \frac{v_a}{v_p} Fr^2 \sigma^{-\frac{2}{Fr^2}}} \quad (1)$$

Зависимость идеального кпд гребного колеса от числа Фруда и коэффициента нагрузки показана на рисунке 2. Под числом Фруда и коэффициентом нагрузки следует понимать

$$Fr = \frac{v_p}{\sqrt{gT}}, \quad \sigma = \frac{P_i}{\frac{\rho v_p^2 L_{\text{пл}} T}{2}} \quad (2)$$

где T – осадка гребного колеса; P_i – упор гребного колеса; $L_{\text{пл}}$ – длина плицы.

Если в формуле (1) пренебречь влиянием свободной поверхности, то получается известная формула для кпд идеального движителя в безграничной жидкости. Формула (1) весьма приближенная, поскольку она не учитывает ряда факторов, оказывающих влияние на кпд гребного колеса. В частности, эта формула не учитывает влияние подсоса воздуха к плицам, которое приводит к понижению кпд.

Создание физической модели гребного колеса

Физическая модель состоит из нескольких компонентов: квадратное плавучее основание, с отверстием в середине; колесо установленное на подшипниках в середине плавучего основания из такого расчета, что нижняя кромка лопастей совпадает с дном плавучего основания; слева и справа от

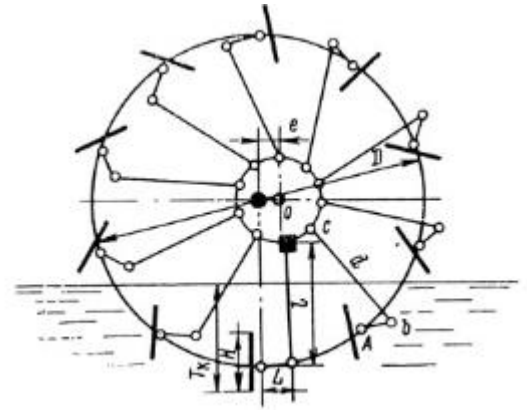


Рисунок 1 – Принципиальная схема гребного колеса

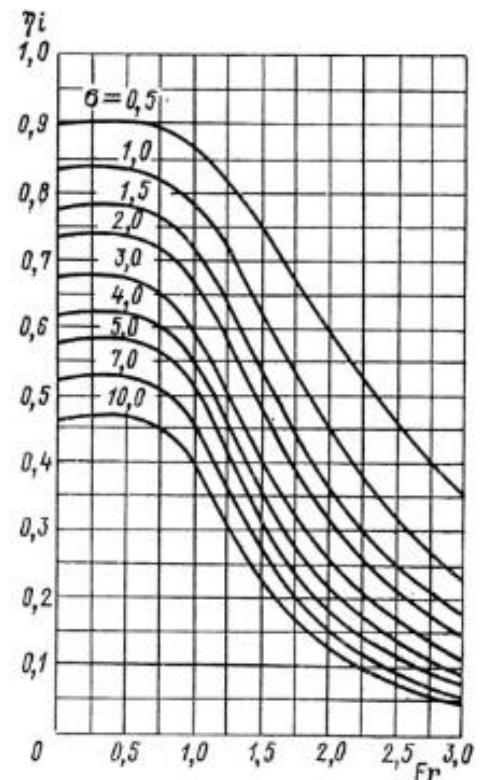


Рисунок 2 – Влияние числа Фруда на к.п.д. ГК

ГК установлены вьюшки для намотки троса соединенного с протяжной системой опытового бассейна гравитационного типа; грузы разной массы устанавливаются на диагонали плавучего основания в углах, для создания разной глубины погружения плиц ГК в воду. Физическая модель представлена на рисунке 3.

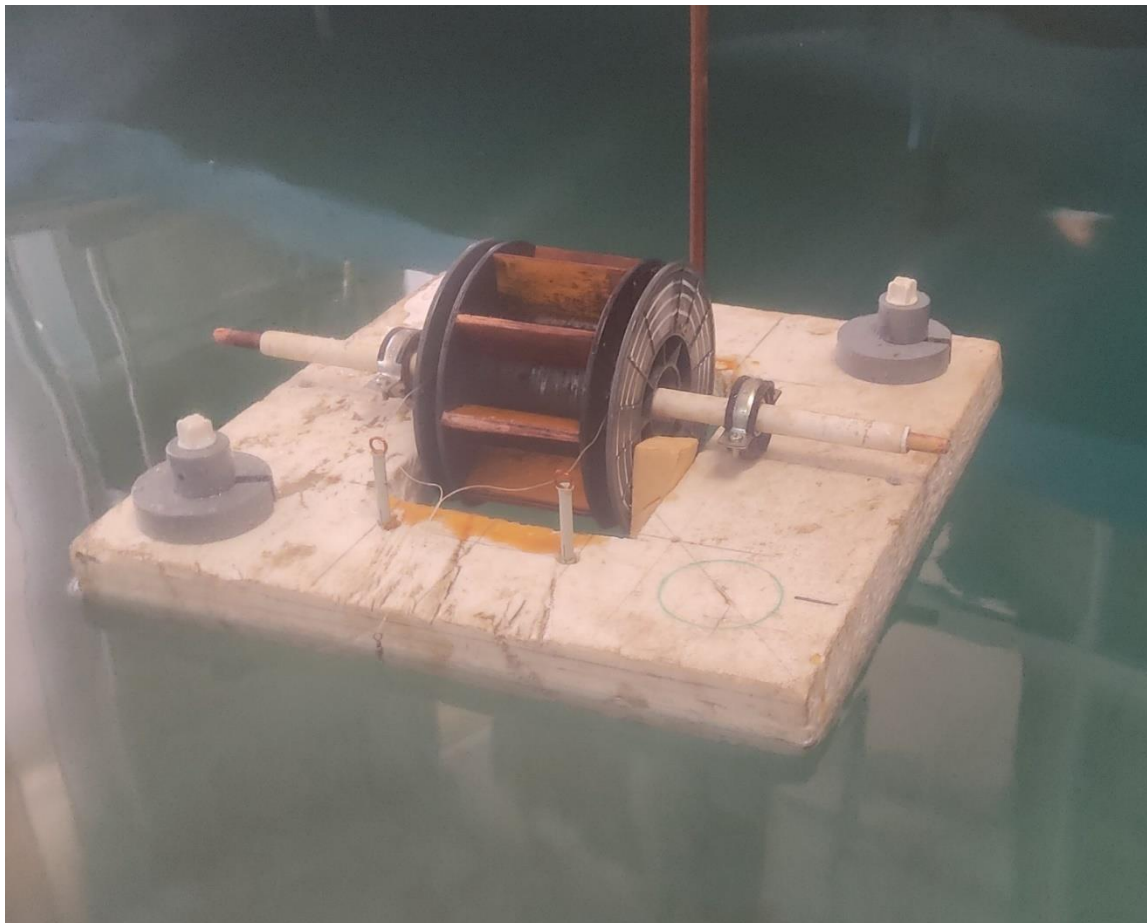


Рисунок 3 – Физическая модель гребного колеса

Проведение экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования выполнены в опытовом бассейне гравитационного типа. Плавучее основания с ГК закреплялось у торца бассейна, с помощью двух скоб. Между скобами последовательно закреплялся электронный безмен, обеспечивающий отображение создаваемого тягового усилия от вращения ГК. Схема установки во время эксперимента представлена на рисунке 4.

Эксперименты выполнялись для трёх осадок 1, 2, 3 см и применения трёх грузов массой 1,4; 2,8 и 3,3 кг. Промежуточные результаты представлены в таблице 1, сводная таблицы [2] итогов экспериментов в таблице 2, графическое представление на рисунке 5.

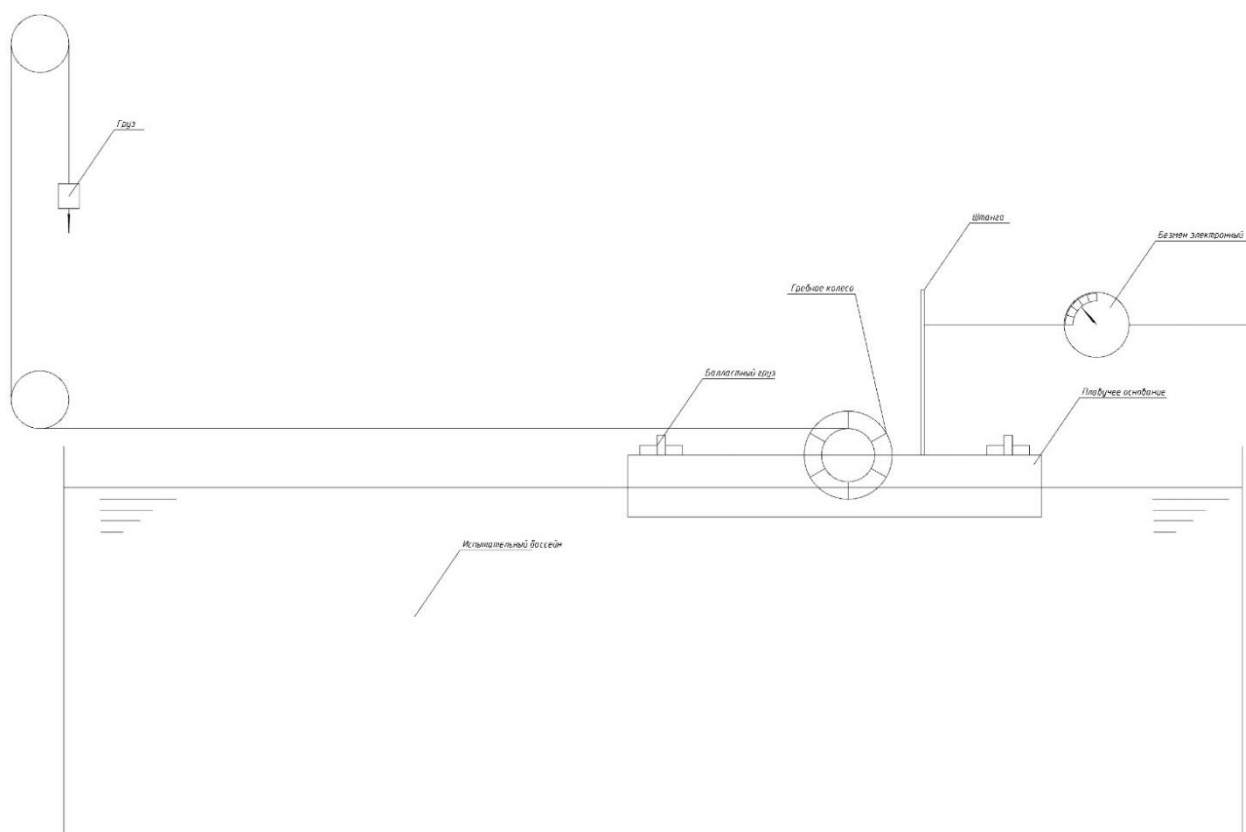


Рисунок 4 – Физическая модель гребного колеса во время эксперимента

Таблица 1 – Промежуточные результаты

Масса груза, кг	Тяга, кг		
	d=1 см	d=2 см	d=3 см
1,4	0,390	0,340	0,400
1,4	0,300	0,270	0,380
1,4	0,320	0,225	0,310
2,8	0,650	0,690	0,710
2,8	0,690	0,630	0,630
2,8	0,650	0,700	0,670
3,3	0,900	0,775	0,760
3,3	0,860	0,775	0,800
3,3	0,880	0,775	0,825

Таблица 2 – Сводные итоги

Названия строк	Среднее по полю d=1 см	Среднее по полю d=2 см	Среднее по полю d=3 см
1,4	0,337	0,278	0,363
2,8	0,663	0,673	0,670
3,3	0,880	0,775	0,795

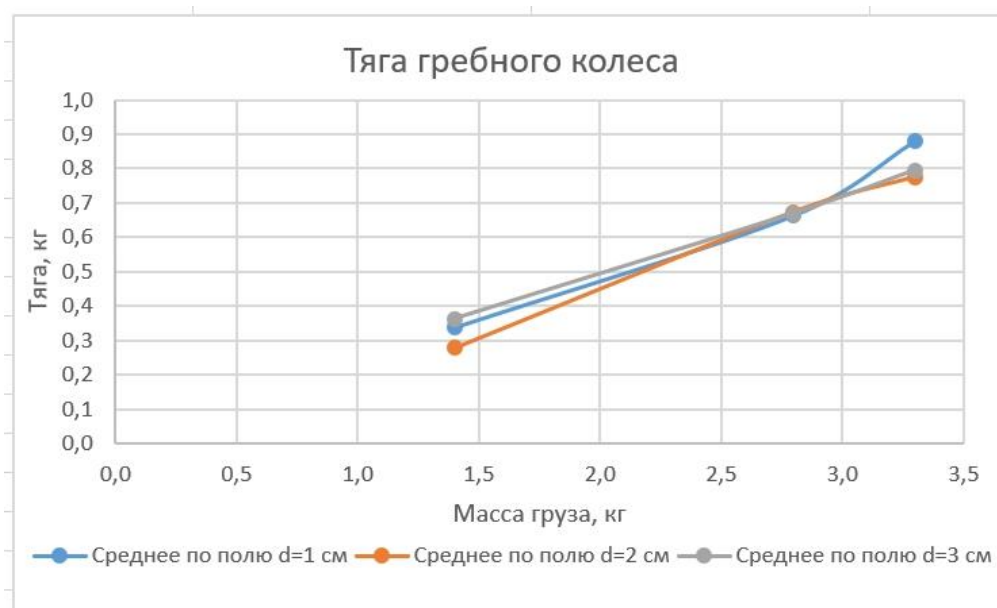


Рисунок 5 – Тяга гребного колеса

Перспективы дальнейших исследований

Исследования показали, что независимо от заглабления гребного колеса тяга линейно возрастает с незначительными отклонениями друг от друга. Исследования будут продолжены в направлении изменения количества плиц, заглабления и величины тянущей силы.

Библиографический список

1. Басин А.М. Ходкость и управляемость судов [Текст]. В 2 ч. Ч. 2. Судовые движители/ А.М. Басин, Л., 1964. – 315 с.
2. Павлов Н. Microsoft Excel: готовые решения – бери и пользуйся! [Текст]. / Н. Павлов, М.: Книга по Требованию, 2014. – 382 с. – ISBN: 978-5-519-01837-1.

СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ПАРУСНОГО ВООРУЖЕНИЯ, УСТАНОВЛИВАЕМЫЕ НА СУДАХ

Балашов Михаил Георгиевич

кандидат технических наук, доцент

Ковтун Анастасия Андреевна

студент

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33*

MODERN TYPES OF SAILING ON THE SHIPS

Balashov Michail Georgievich

Candidate of Technical Science, Assistant Professor

Kovtun Anastasya Andreevna

Student

*Federal State Educational Institution
of Higher Education "Sevastopol State University"
Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053*

АННОТАЦИЯ. Дан обзор современного парусного вооружения, применяемого на транспортных судах в 20 веке.

Ключевые слова: парус, транспортные суда, турбопарус.

ABSTRACT. An overview of modern sailing used on transport ships in the 20th century is given.

Keywords: sail, transport ships, turbosail.

Введение

Загрязнение окружающей среды представляет собой глобальную проблему современности, которую регулярно обсуждают в новостях и научных кругах. На данный момент о загрязнении окружающей среды известно многое – написано большое количество научных работ и книг, проведены многочисленные исследования. Но в решении проблемы человечество продвинулось совсем незначительно. На сегодняшний день необходимо применять более безопасные и экологически чистые источники энергии.

Хорошо известное использование обычных парусов (пассивное устройство) для движения лодок ограничено необходимостью больших площадей паруса, поскольку сила, получаемая от ветра такими структурами, пропорциональна площади паруса. Были предприняты усилия по

использованию активных устройств, таких как непрерывно вращающиеся цилиндры, с использованием «эффекта Магнуса».

В 1852г. Магнус обнаружил, что, если поставленный поперек воздушного потока круговой цилиндр вращать, то на нем создается аэродинамическая сила, направленная перпендикулярно оси цилиндра и направлению ветра (рисунок 1).

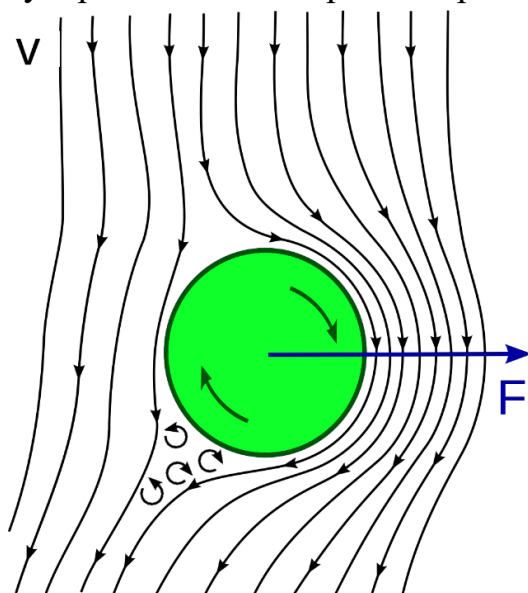


Рисунок 1 – Эффект Магнуса

Обзор современного парусного вооружения транспортных судов

Немецкий судостроитель, А. Флеттнер построил несколько судов (рисунок 2) на которых место парусов были установлены вертикальные вращающиеся цилиндры – роторы. При вымпельном ветре, дующем прямо в борт, аэродинамическая сила была направлена прямо по курсу судна.

Роторы Флетнера обладают такими достоинствами как простота и надежность, малый кренящий момент, возникающий при шквале, этот движитель обладает и недостатками. Главным является более низкая, чем у традиционных парусов, эффективность ротора на попутных к ветру курсах.

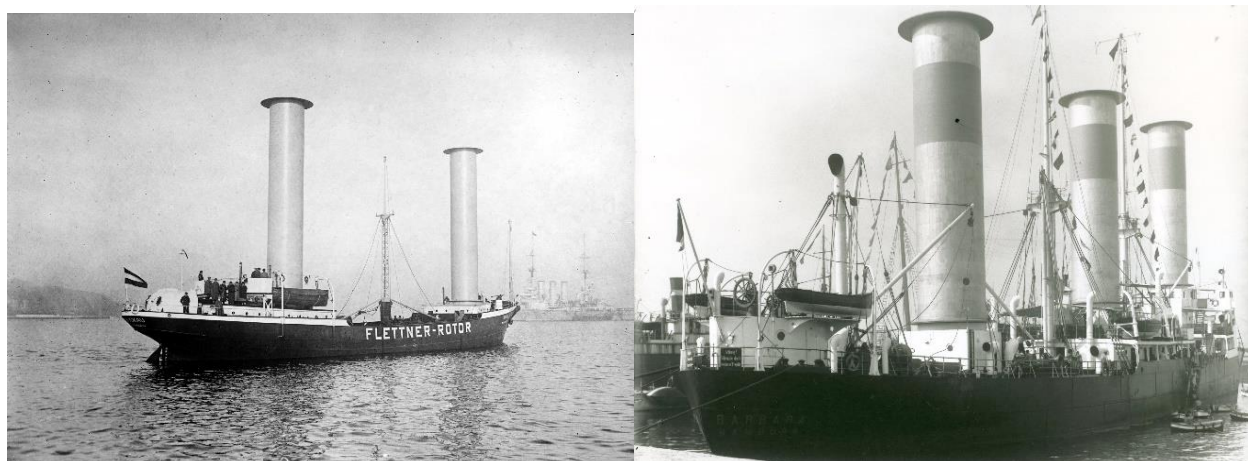


Рисунок 2 – Суда с роторами Флетнера

Слабым местом роторного движителя Флетнера является сам вращающийся ротор: обеспечить достаточно быстрое для получения эффекта Магнуса вращение и вместе с тем необходимую прочность огромного цилиндра-«паруса» далеко не просто.

Идея использовать вместо эффекта Магнуса совершенно иной принцип создания тяги, при которой цилиндр-парус можно делать не вращающимся, а лишь поворотным была разработана французскими инженерами Л. Малавар и Б.Шарье по заказу Ж.-И. Кусто.

Разрежение воздушного потока на одной стороне цилиндра, создающее большую часть подъемной силы, достигается засасыванием воздуха через вертикальную щель внутри цилиндра при помощи электровентилятора. Избыточное давление с противоположной стороны цилиндра увеличивается неподвижным закрылком – своего рода задней кромкой крыла (рисунок 3).

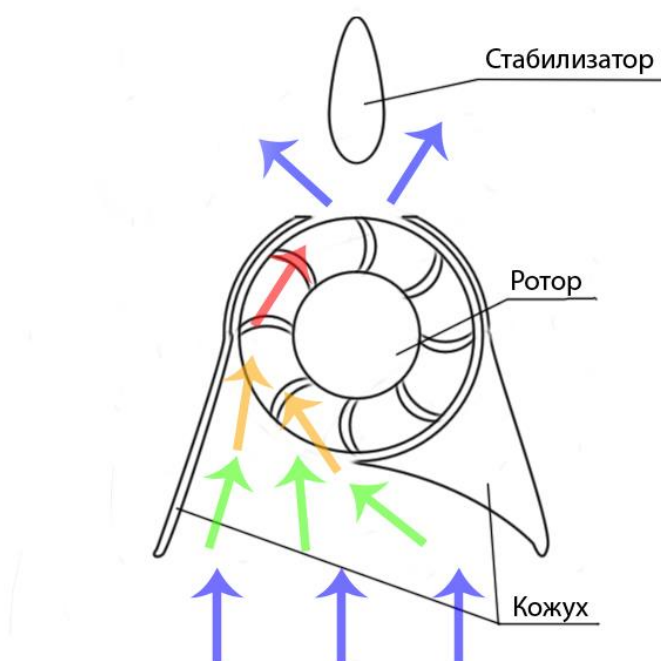


Рисунок 3 – Турбосейл

Главная цель применения «турбосейла» – не заменить полностью традиционные механические двигатели, а снизить эксплуатационные расходы. Судно, оснащенное «турбосейлом», затратит на 15-35 % меньше топлива, чем обычный теплоход на таком же рейсе, все зависит от преобладающей скорости ветра (рисунок 4).

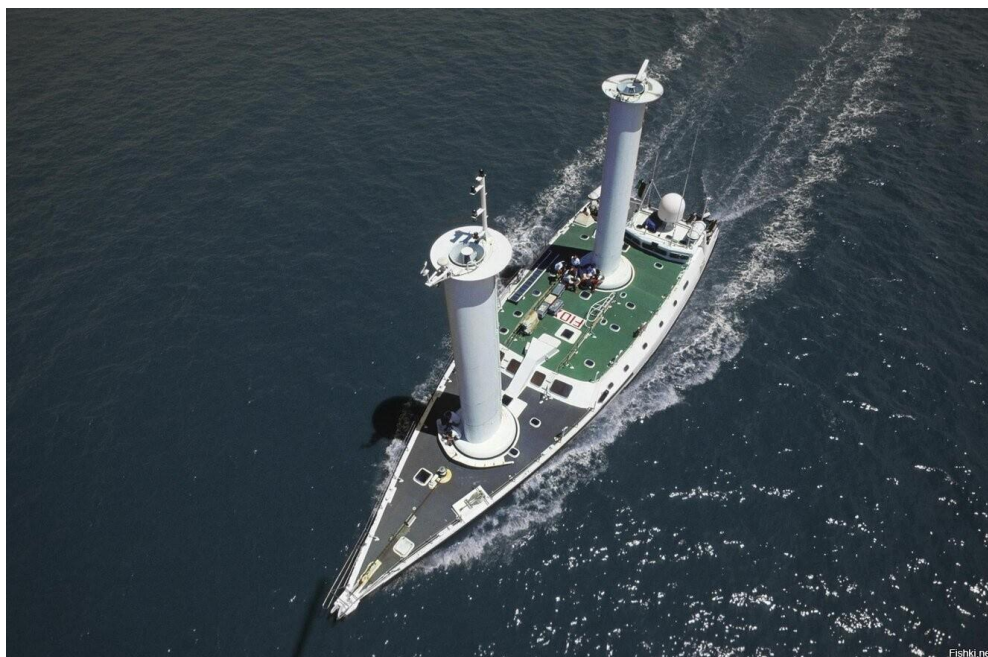


Рисунок 4 – Судно Алкиона с турбосейлами

В стадии экспериментальных проработок находятся различные вариации «турбо» двигателей, представленных на рисунке 5.

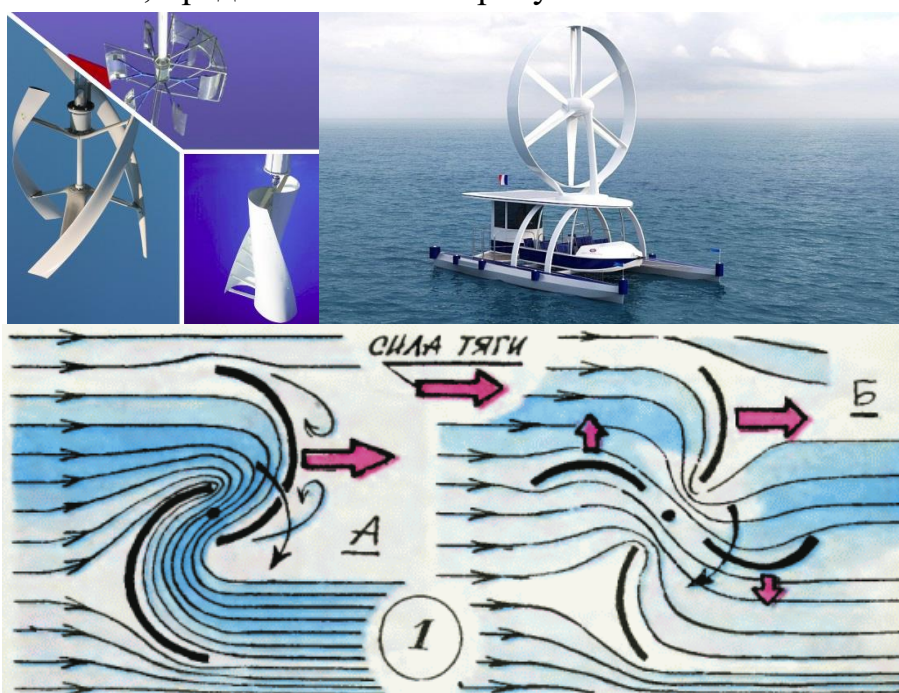


Рисунок 5 – варианты турбодвигателей

Перспективы дальнейших исследований

Автором планируется провести серию экспериментов с созданием физической модели турбопаруса, предварительный общий вид представлен на рисунке 6.

Узел крепления вала ротора. ➤
✓ Катамаран с ротором Флеттнера.

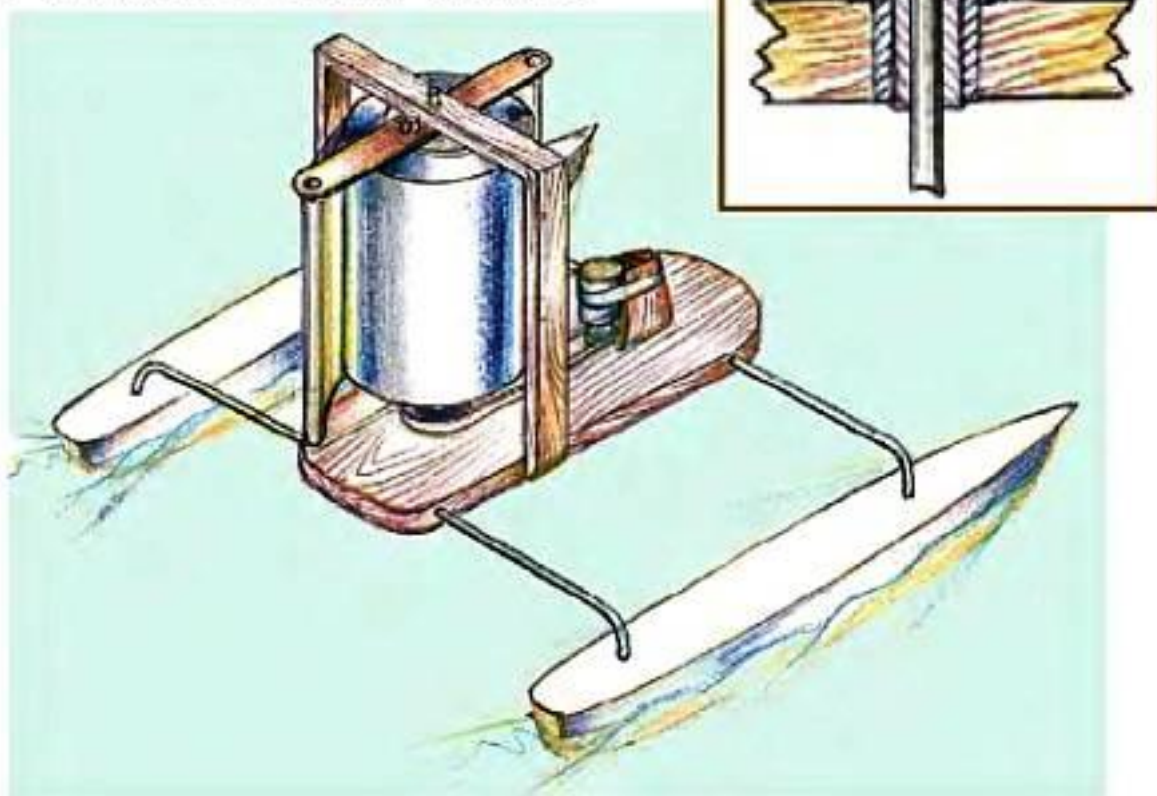


Рисунок 6 – Общий вид проекта физической модели

Библиографический список

1. Басин А.М. Ходкость и управляемость судов [Текст]. В 2 ч. Ч. 2. Судовые движители/ А.М. Басин, Л., 1964. – 315 с.
2. Экспериментальный парусник «Алкиона» с роторными двигателями [Текст]: // Катера и яхты. – 1986. – № 124.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ КОРПУСОВ КАТАМАРАНА

Балашов Михаил Георгиевич

кандидат технических наук, доцент

Чемакина Тамара Львовна

кандидат технических наук, доцент

Головко Андрей Андреевич

студент

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33*

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE PHYSICAL MODEL OF THE MUTUAL INFLUENCE OF CATAMARAN HULLS

Balashov Michail Georgievich

Candidate of Technical Science, Assistant Professor

Chemakina Tamara L'vovna

Candidate of Technical Science, Assistant Professor

Golovko Andrey Andreevych

Student

*Federal State Educational Institution
of Higher Education "Sevastopol State University"
Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053*

АННОТАЦИЯ. Выполнены экспериментальные исследования взаимного влияния несимметричных корпусов катамарана на его ходкость.

Ключевые слова: катамаран, корпус, эксперимент.

ABSTRACT. Experimental studies of the mutual influence of asymmetrical catamaran hulls on its seaworthiness have been carried out.

Keywords: catamaran, hull, experiment.

Введение

Судно, обладающее двумя корпусами, называют катамаранами. Корпуса катамарана могут быть как симметричные относительно своей диаметрали, так и не симметричные [1]. Относительно общей диаметрали катамаран имеет симметричный корпус. В редких случаях, в экспериментальных целях могут быть построены катамараны с несимметричными корпусами относительно общей диаметрали.

Создание физической модели катамарана

В нашем эксперименте использована физическая модель катамарана с несимметричными корпусами. Соединительный мост для упрощения конструкции выполнен в виде 2-х соединительных планок, с возможностью изменения горизонтального клиренса. Модель изначально имеет шероховатую поверхность корпуса, что обеспечивает не ламинарное обтекание поверхности. Модель построена из экструдированного пенопласта, соединительные планки пластиковые. Для создания достаточной посадки к корпусу присоединены свинцовые пластины. Общий вид катамарана представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид катамарана на ходу

Проведение экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования по определению ходовых качеств с определением влияния взаимного расположения корпусов, проводились в опытовом бассейне гравитационного типа Морского института. В таблице 1 представлены промежуточные результаты эксперимента, в таблице 2 – сводные результаты, на рисунке 2 график взаимного влияния корпусов.

Таблица 1 – Промежуточные результаты

	Дистанция пробега, l, м	5,5	Длина модели, L, м	0,85	Масса модели m, кг	5
№	Горизонтальный клиренс, b1, мм	Масса груза, m, кг = Сопротивление, R, кг	Время, t, сек	Скорость, v, м/с	Средняя скорость, v, м/с	Число Fr
1	0	300	11,56	0,476	0,461	0,160
			13,57	0,405		
			10,95	0,502		
		500	7,39	0,744	0,707	0,245
			8,38	0,656		
			7,62	0,722		
		700	6,28	0,876	0,864	0,299
			6,64	0,828		
			6,2	0,887		
2	60	300	10,98	0,501	0,542	0,188
			9,57	0,575		
			10	0,550		
		500	8,29	0,663	0,716	0,248
			7,4	0,743		
			7,42	0,741		
		700	6,22	0,884	0,865	0,299
			6,42	0,857		
			6,45	0,853		
3	110	300	9,87	0,557	0,542	0,188
			10,07	0,546		
			10,5	0,524		
		500	7,67	0,717	0,719	0,249
			7,72	0,712		
			7,55	0,728		
		700	6,49	0,847	0,848	0,293
			6,43	0,855		
			6,55	0,840		
4	180	300	10,41	0,528	0,519	0,180
			10,58	0,520		
			10,79	0,510		
		500	7,25	0,759	0,767	0,265
			7,28	0,755		
			7	0,786		
		700	6,87	0,801	0,783	0,271
			7,05	0,780		
			7,17	0,767		
5	240	300	11,13	0,494	0,500	0,173
			10,64	0,517		
			11,23	0,490		
		500	8,09	0,680	0,700	0,243
			7,75	0,710		
			7,73	0,712		
		700	6,91	0,796	0,833	0,289
			6,12	0,899		
			6,83	0,805		

Таблица 2 – Сводные результаты

	Горизонтальный клиренс, мм				
Сопротивление R, кг	0	60	120	180	240
0,3	0,147	0,173	0,173	0,166	0,160
0,5	0,226	0,229	0,230	0,245	0,224
0,7	0,276	0,276	0,271	0,250	0,266

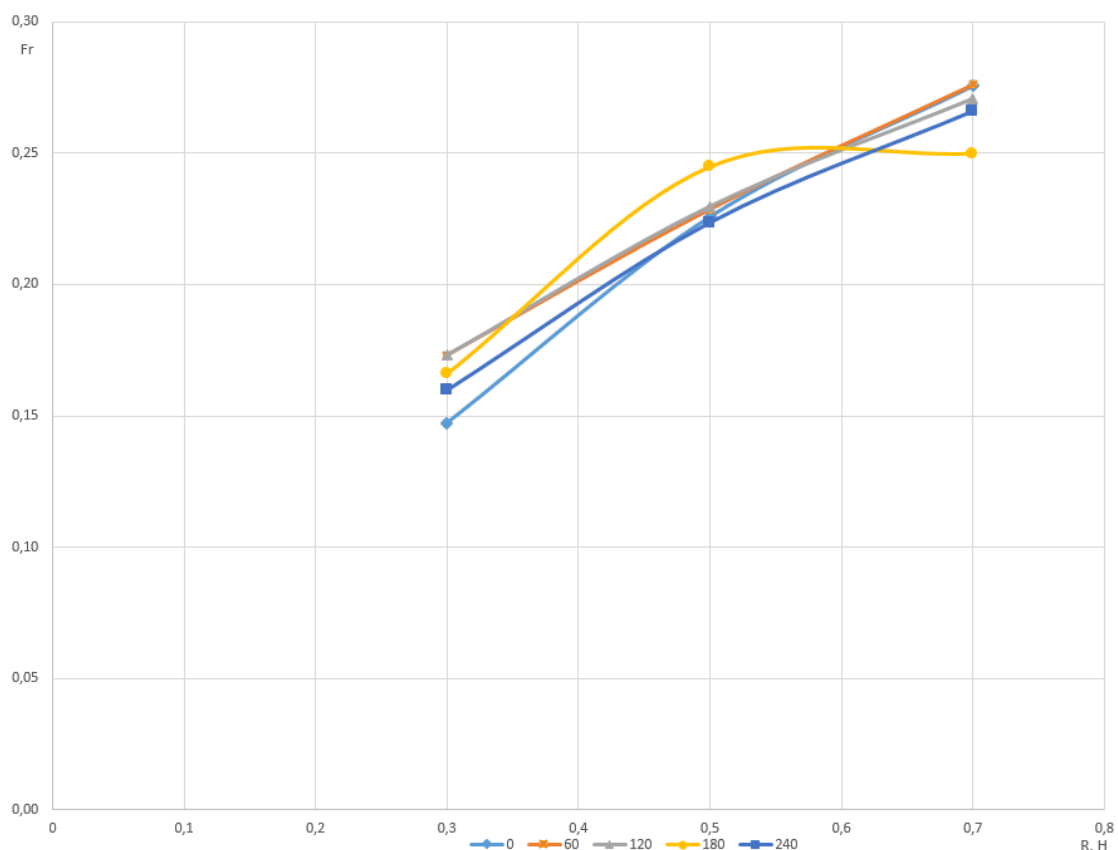


Рисунок 2 – Взаимное влияние корпусов

Опыты показали, что практически при всех горизонтальных клиренсах корпуса не оказывают друг на друга никакого взаимного влияния, за исключением величины 180 мм (для модели). Это величина в относительных единицах соответствует $\frac{3}{4}$ максимальной ширины катамарана. Максимальная ширина катамарана принималась равной половине длины.

Перспективы дальнейших исследований

В дальнейшем планируется улучшить крепление соединительного моста, исключая произвольный выдвиг одного из корпусов, улучшить геометрию корпусов и провести более тщательные исследования ходовых качеств катамарана при изменении горизонтального клиренса для определения влияния взаимного расположения корпусов.

Библиографический список

1. Многокорпусные суда [Текст] / под.ред. В.А. Дубровского. – Л.: Судостроение, 1978. – 304 с.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГРЕБНОГО КОЛЕСА

Балашов Михаил Георгиевич

кандидат технических наук, доцент

Шапошников Ярослав Леонидович

студент

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33*

THE METHOD OF CALCULATING THE ROWING WHEEL

Balashov Michail Georgievich

Candidate of Technical Science, Assistant Professor

Shaposhnikov Yaroslav Leonidovich

Student

*Federal State Educational Institution
of Higher Education "Sevastopol State University"
Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053*

АННОТАЦИЯ. Рассмотрена методика расчёта гребного колеса (ГК) с учетом элементов кинематики и динамики. Приведены расчетные соотношения для определения оптимальных размеров и элементов ГК.

Ключевые слова: гребные колеса, кинематика и динамика гребных колес.

ABSTRACT. The methodology of calculation of the propeller wheel (PW) taking into account the elements of kinematics and dynamics is considered. Calculation relations for determining the optimum dimensions and elements of the propeller are given.

Keywords: Rowing wheels, cinematic and dynamic of rowing wheels.

Введение

Использование гребных колес началось во второй половине 19 века. Первые пароходы несли парусное вооружение и как вспомогательное оборудование – гребные колеса. Они обеспечивали у первых колёсных пароходов улучшение поворотливости в портах и самостоятельное плавание в безветренную погоду. В дальнейшем гребные колеса были заменены гребными винтами. В настоящее время гребные колеса используются на лесосплаве для мелкосидящих буксиров, в пассажирских прогулочных судах, выполненных как реплика старых колёсных пароходов. Гребное колесо — судовой двигатель, представляющий собой цилиндрическую конструкцию с поперечной осью вращения, по окружности которой закреплены прямоугольные лопасти. Судно

приводится в движение упором периодически входящих в воду лопастей. Различают гребное колесо с неподвижными и с поворотными лопастями. Гребное колесо с поворотными лопастями имеют больший кпд благодаря обеспечению безударного входа лопасти в воду. Гребные колёса устанавливают по бортам (в средней части судна) или в кормовой части. Недостатком гребного колеса является снижение эффективности работы при изменении глубины погружения при качке.

Основные характеристики гребных колес, элементы кинематики и динамики колеса

Конструктивные элементы гребного колеса. Общее описание устройства судовых гребных колес с поворотными лопастями (плицами). На работу гребного колеса влияют следующие его конструктивные элементы: расчетный диаметр гребного колеса по центрам лопастей $D = 2R$ м; число лопастей колеса z ; длина лопасти на один борт B_n м; высота лопасти H_n м измеряемая для изогнутых лопастей по хорде дуги, линейный эксцентриситет колеса E м; длина костыля L_K м; осадка колеса по нижней кромке лопасти T_K м; возвышение оси гребного вала над уровнем воды h м; гидравлическое сечение гребных колес (на оба борта) $F_p = 2 B_n T_K$ м².

Расчетный диаметр D гребного колеса и его конструктивный диаметр D_K измеряемый по осям валиков лопастей, связаны следующим соотношением:

$$D - D_K - (H_n - 2H_v) - D_K - (2H_v - H_n),$$

где H_v и H_n – высота лопасти от валика соответственно внутрь и наружу колеса (в соответствии с рисунком 1).

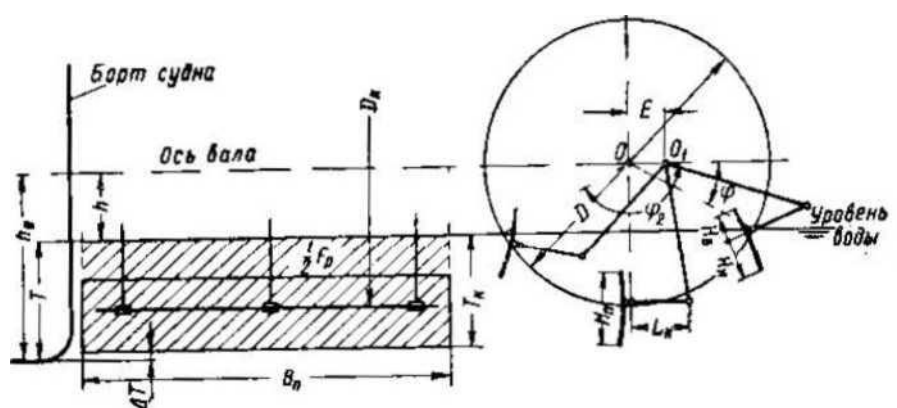


Рисунок 1 – Конструктивные элементы гребного колеса с поворотными лопастями

При исследовании работы и выполнении расчётов гребных колес используются перечисленные ниже безразмерные значения конструктивных

элементов колеса: а) относительный эксцентриситет $e = \frac{E}{L}$; б) относительная высота лопасти $\beta = \frac{H_{\Pi}}{D}$; в) характеристика погружения колеса г) относительный шаг $t_k - \frac{\pi D}{z H_{\Pi}} = \frac{\pi}{z \beta}$ колеса д) относительная осадка колеса д) относительная осадка колеса $\tau = \frac{T_k}{D}$; е) коэффициент покрытия гидравлического сечения $f_{\Pi} = \frac{H_{\Pi}}{T_k}$

Наиболее важной геометрической характеристикой гребного колеса, определяющей кинематику его лопастей, является относительный эксцентриситет $e = \frac{E}{L_k}$. В общем случае можно представить, что величина $e = 0$ изменяется в пределах от нуля до единицы (в соответствии с рисунком 2). Нижний возможный предел $e = 0$ характеризует кинематику гребного колеса с радиально расположенными неподвижными лопастями. Верхний предел $e = 10$ относится к гребным колесам с поворотными вертикальными лопастями. Среднее значение $e = 0,5$ приближённо соответствует колесу, положение лопастей которого в различные моменты времени.

Кинематические и динамические характеристики гребного колеса. Кинематика гребного колеса характеризуется следующими скоростями:

1) скоростью поступательного перемещения колеса относительно воды v_e м/сек;

2) окружной скоростью центра лопасти колеса u_k м/сек равной

$$u_k = R_w \omega = \pi n D \quad (1)$$

где $\omega = 2\pi n$ – угловая скорость вращения колеса (1/сек) пропорциональная числу его оборотов n в секунду

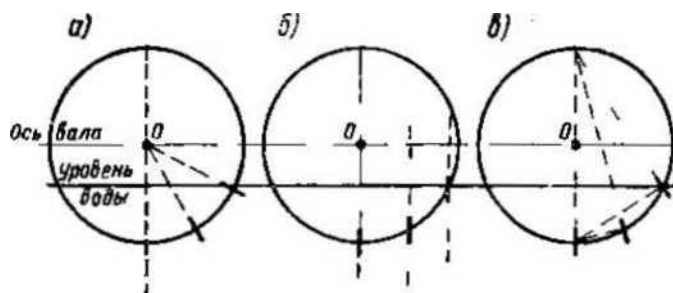


Рисунок 2 – Кинематические схемы гребных колес

При расчёте бортовых гребных колес, работающих вблизи корпуса судна, вводят понятие о коэффициенте встречного потока Ψ_k (отрицательного попутного потока) который равен

$$\Psi_k = \frac{v \cdot v_e}{v} \quad (2)$$

откуда

$$v_e = v (1 + \Psi_k) \quad (3)$$

где v – скорость судна (обычно $\Psi_k \approx 0,03 - 0,05$).

Приведённые здесь выражения написаны в предположении, что пограничный слой корпуса судна влияет лишь на небольшую часть длины лопастей, примыкающую к борту, и влиянием этого слоя на величину Ψ_k можно пренебречь. Более существенное влияние на величину коэффициента встречного потока оказывает потенциальное обтекание корпуса судна в месте расположения колеса.

При расчете гребных колес обычно принимают, что колесо, расположенное вблизи корпуса судна, движущегося со скоростью v , эквивалентно по условиям работы изолированному колесу которое перемещается поступательно со скоростью

На работу гребных колес также влияют волны, образуемые корпусом движущегося судна. Однако это влияние не учитывается при расчёте гребных колес из-за отсутствия достоверных экспериментальных и теоретических данных.

Поток, отбрасываемый гребным колесом, несколько изменяет условия обтекания корпуса судна. Если пренебречь влиянием работы колеса на сопротивление корпуса, то можно приближённо считать, что упор гребного колеса практически не отличается от развиваемой им полезной тяги, т. е. $P \approx P_e$.

В качестве безразмерной кинематической характеристики гребных колес принимаются действительное или кажущееся значения относительной поступи колеса соответственно равные:

$$\begin{cases} \lambda_e = \frac{v_e}{u_k} = \frac{v_e}{\pi n D} \\ \lambda = \frac{v_e}{u_k} = \frac{v_e}{\pi n D} - \frac{\lambda_e}{1 + \Psi_k} \end{cases} \quad (4)$$

Безразмерными динамическими характеристиками гребных колес являются коэффициент упора C_p коэффициент момента C_m и КПД η_p приняты в виде:

$$C_p = \frac{P}{\rho n^2 D^2 F_p} \quad (5)$$

$$C_m = \frac{M}{\rho n^2 D^2 F_p} = \frac{11,93 N_p}{\rho n^2 D^2 F_p} \quad (6)$$

$$\eta_p = \frac{P v_e}{75 N_p} = \frac{C_p}{C_m} \cdot \frac{\lambda_e}{2} \quad (7)$$

При составлении выражений соответствующих закону подобия Ньютона, в качестве характерных значений площади сечения и скорости движения приняты гидравлическое сечение колес $F_p = 2B_n T_k$ и величина nD пропорциональная окружности $u_k = \pi n D$.

Для предоставления упора P кг, и мощности N_p л.с в безразмерном виде могут быть также выбраны коэффициенты нагрузки гребного колеса по упору и мощности соответственно равные:

$$\begin{cases} \sigma_\rho \frac{2P}{\rho v_e^2 F_\rho} \frac{2}{\pi^3} \cdot \frac{C_\rho}{\lambda_e^2} \\ \sigma_N - \frac{2 \cdot 75 N_\rho}{\rho v_e^3} \frac{4}{\pi^2} \cdot \frac{C_m}{\lambda_e^3} \end{cases} \quad (8)$$

В этом случае величину кпд гребных колес можно представить в виде:

$$\eta_\rho = \frac{P v_e}{75 N_\rho} - \frac{\sigma_\rho}{\sigma_N} \quad (9)$$

Поскольку гребное колесо является полупогруженным судовым движителем, работающим вблизи и на границе свободной поверхности воды то динамические характеристики C_ρ , C_m (или σ_ρ , σ_N) и η_ρ для колеса с заданными геометрическими элементами зависят не только от поступи λ_e , определяющей режим его работы, но и от числа Фруда Fr , выражающего влияние свободной поверхности на работу движителя. Для числа Фруда гребных колес может быть принято одно из следующих его выражений при различных характерных значениях линейного размера (D T_k) и скорости движения (v_e u_k)

$$\begin{cases} Fr = \frac{v_e}{\sqrt{g T_k}} \\ Fr_D = \frac{v_e}{\sqrt{g D}} \\ Fr_n = \frac{u_k}{\sqrt{g D}} \approx n \sqrt{D} \end{cases} \quad (10)$$

Приведённые здесь соображения полностью относятся и к гребным колесам.

Определение упора и момента колеса на каждую лопасть гребного колеса во время ее движения в воде действует результирующая гидромеханических сил Q_α . Действие ее на колесо в целом. Силы Q_α и Q'_α образуют пару сил, момент которой M_α относительно оси гребного колеса противодействует его выражению и должен преодолеваться моментом, развиваемым главным двигателем. Сила Q''_α оказывает давление на подшипники гребного вала и может быть разложена на две составляющие P_α и T_α . Горизонтальная составляющая P_α , направленная в сторону движения судна, представляет собой упор, создаваемый лопастью гребного колеса в данный момент времени. Вертикальная составляющая T_α , действующая перпендикулярно направлению движения судна, изменяется не только по величине, но и по знаку, являясь таким образом источником вертикальных возмущений, которые вызывают поперечную вибрацию гребного вала и корпуса судна. Частота возмущающей силы пропорциональна угловой скорости вращения колеса $\omega = 2\pi n$ и числу его лопастей z

Результирующую гидромеханических сил Q_α , действующих на лопасть гребного колеса, которая движется в воде как пластина под углом атаки, а можно также разложить на подъёмную силу Y_α , направленную перпендикулярно вектору скорости v_i и силу сопротивления X_α совпадающую по направлению с этим вектором.

В нижнем вертикальном положении лопасти когда угол атаки $\alpha = \frac{\tau}{2}$ и подъёмная сила обращается в нуль, упор P_α создаётся только за счёт силы сопротивления и уменьшается по сравнению с его величиной в положениях лопасти, близких к входу в воду или выходу из неё. Для создания положительного упора P_α в нижнем положении лопасти необходимо, чтобы выполнялось условие $u_k > v_e$.

На основании закона подобия Ньютона выражение для силы P_α можно представить в виде функциональной зависимости

$$P_e = f(\beta, e, t_k, \theta, \lambda_e, Fr, \varphi) \rho u_k^2 F_n, \quad (11)$$

где $\lambda_e = \frac{v_e}{\pi n D}$ – поступь колеса; $F_n = B_n H_n$ – площадь лопасти.

Упор пары гребных колес P (с z лопастями) получается, как среднее значение этой силы за один оборот колеса, т. е.

$$P = 2 \frac{z}{2\pi} \int P_\alpha d\varphi C_\rho \rho n^2 D^2 F_\rho \quad (12)$$

где C_ρ – безразмерная величина равная

$$C_\rho = z\pi \frac{H_n}{T} \int f(\beta, e, t_k, \theta, \lambda_e, Fr, \varphi) d\varphi \quad (13)$$

где φ_1 и φ_2 – углы поворота колеса, определяющие соответственно положение лопасти при входе из нее (в соответствии с рисунком 1).

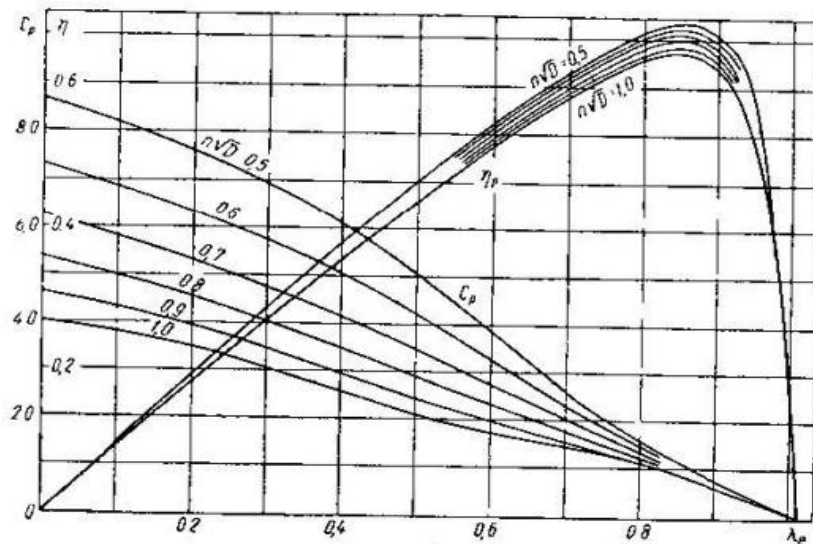


Рисунок 3 – Кривые действия гребного колеса

В выражении вместо площади лопасти $F_n = B_n H_n$ введено гидравлическое сечение колеса $F_p = 2B_n T_k$, а вместо скорости u_k – пропорциональная ей величина nD . Интеграл, стоящий в правой части этого выражения, является безразмерной величиной, которая при заданных значениях θ , λ_e и Fr остается постоянной для всех геометрически подобных колес независимо от их абсолютных размеров. По своему смыслу этот интеграл представляет собой коэффициент упора колеса,

определяемый по формуле (5).

Аналогично можно получить выражение вида (6) для коэффициента момента C_m колеса. Величину к. п. д. гребного колеса можно определить по формуле (ХШ-20), если известны значения C_p , C_m и λ_e .

Значения C_p , C_m и λ_e зависят от величин двух типов, одни из которых (β , e , t_k и θ) характеризуют конструктивные элементы и погружение гребного колеса, а другие (λ_e , Fr) определяют режим его работы.

Кривые изменения значений C_p , C_m и η_p , представленные в зависимости от поступи λ_e при различных числах Фруда Fr (или Fr_n), являются динамическими характеристиками гребного колеса (кривыми действия). в соответствии с рисунком 3 показаны динамические характеристики, полученные на основании материалов модельных испытаний и изображенные в виде кривых $C_p = f(\lambda_e)$ и $\eta_p = f(\lambda_e)$ постоянных значениях $Fr_n = n \sqrt{D}$.

Библиографический список

1. Басин А.М. Ходкость и управляемость судов [Текст]. В 2 ч. Ч. 2. Судовые движители/ А.М. Басин, Л., 1964. – 315 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ИГР ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ
РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКИХ СУДОВ
НА СЕВЕРНОМ
МОРСКОМ ПУТИ В УСЛОВИЯХ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

Галий Валерий Анатольевич

кандидат технических наук, доцент

Стороженко Владимир Витальевич

студент

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,*

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

E-mail: galijvalerij@gmail.com

**GAME THEORY METHODS APPLICATION FOR BUILDING A RATION-
AL SYSTEM OF SPECIAL HYDROMETEOROLOGICAL SUPPORT FOR
MARINE VESSELS ON THE NORTHERN SEA ROUTE UNDER CONDI-
TIONS OF STRATEGIC UNCERTAINTY**

Galiy Valerii Anatolevich

Candidate of Engineering Sciences, associate professor

Storozhenko Vladimir Vitalevich

student

*Federal Autonomous Educational Institution
of Higher Education «Sevastopol State University»,*

299053, Sevastopol, Str.Universitetskaja, 33

E-mail: galijvalerij@gmail.com

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена вопросу построения рациональной системы специального гидрометеорологического обеспечения морских судов на северном морском пути в условиях стратегической неопределенности. В современных условиях значимость эффективного использования северного морского пути в интересах государства возросла как никогда. Природные условия севера накладывают целый ряд ограничений на качественное проведение караванов морских судов. Именно на преодоление этих трудностей и направлено изложенное в статье исследование. В конкретном, рассматриваемом в статье случае, при построении рациональной системы специального гидрометеорологического обеспечения, применены методы теории игр.

Ключевые слова: система специального гидрометеорологического обеспечения, теория игр, главные критерии эффективности, лицо принимающее решение (ЛПР), матрица решений, условия стратегической неопределенности.

ABSTRACT. The article is devoted to the issue of building a rational system of special hydrometeorological support of marine vessels on the Northern Sea Route under conditions of strategic uncertainty. In modern conditions the importance of effective use of the Northern Sea Route in the State's interests has increased more than ever. The natural conditions of the North impose a number of restrictions on the quality of the maritime convoys passage. The research presented in this paper is aimed at overcoming these difficulties. In the specific case considered in the article, when building a rational system of special hydrometeorological support, the game theory methods are applied.

Keywords: system of special hydrometeorological support, game theory, main criteria of effectiveness, decision maker (DM), decision matrix, strategic uncertainty conditions.

В ходе проводимого анализа ледовой обстановки на северном морском пути был выявлен факт, что в середине ноября 2021 г., при, в целом лёгких ледовых условиях, в акватории СМП попало в ледовый плен около 20 судов различных ледовых классов «в соответствии с рисунком 1».

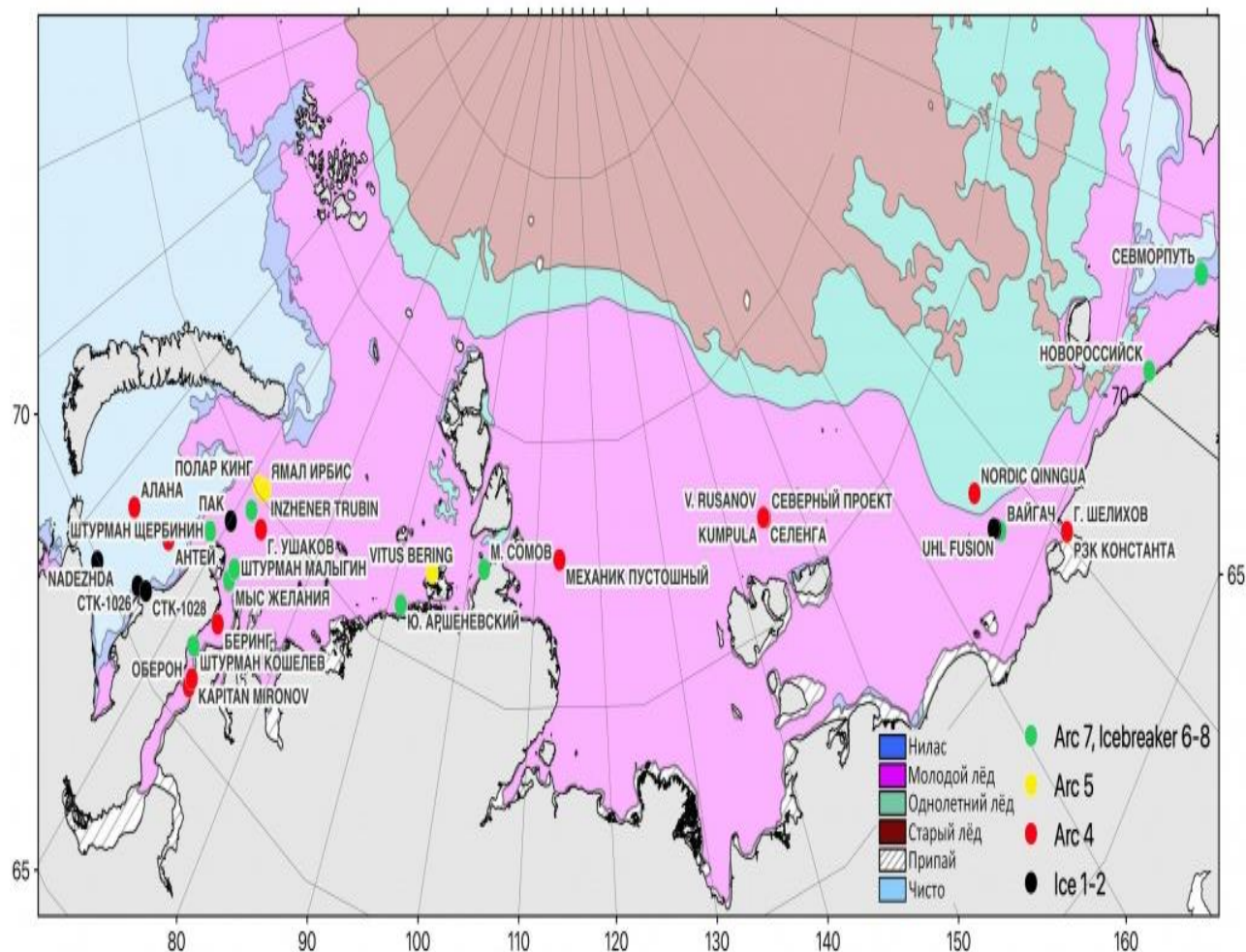


Рисунок 1 – Состояние судов на СМП по состоянию на ноябрь 2021г.

Причиной такой ситуации явились явные просчеты в неверных прогнозах, непродуманной логистике обеспечения судов, не правильных решениях по использованию судов лицами ответственными за принятие соответствующих организационных решений.

Для недопущения таких ситуаций в будущем и эффективного использования северного морского пути в интересах государства, предлагается вариант построения рациональной системы специального гидрометеорологического обеспечения с применением методов теории игр [1-3].

Необходимость принятия решения на построение рациональной системы специального гидрометеорологического обеспечения (СГМО) морских судов на северном морском пути в условиях стратегической неопределенности может возникнуть в случаях, если:

- нужная информация недоступна, поскольку силы и средства для ее получения отсутствуют;
- нужная информация доступна, но времени на ее добывания не хватает;
- затраты на получение дополнительной информации ледовой обстановке превышают затраты, связанные с принятием решения в условиях неопределенности [4].

Проблемами поиска решений в условиях неопределенности занимается теория принятия решений, в основе которой лежат качественные и количественные методы моделирования и оптимизации. Согласно теоретико-игровой концепции принятие решения представляет собой выбор наиболее предпочтительной альтернативы из множества возможных: $W_i \in \{ W \}$, $i \in \{ I \}$.

Условимся, что каждым вариантом (альтернативой) W_i однозначно определяется некоторый результат, имеющий количественную оценку ω_i .

Выбор оптимального (рационального) варианта производится с помощью критерия [5]:

$$W^{onm} = \{ W_i^{onm} | W_i^{onm} \in W \wedge \omega_i = \max_{(i)} \omega_i \}. \quad (1)$$

Это правило выбора формулируется следующим образом: оптимальный вариант W^{opt} принадлежит множеству $\{ W \}$ всех вариантов и его оценка ω_i^{opt} максимальна среди всех оценок.

Выбор оптимального варианта в соответствии с критерием (1) не является однозначным, поскольку максимальный результат $\max \omega_i$ может достигаться во множестве всех результатов многократно. Однако выбор одного из нескольких одинаково хороших решений не вызывает на практике трудностей.

Рассмотренный случай принятия детерминированных решений с точки зрения его практических применений является частным. В более общем случае каждому допустимому варианту решения W_i вследствие различных внешних условий могут соответствовать различные внешние состояния S_j , а значит и различные результаты ω решений. Внешними состояниями S_j могут быть, например, различные варианты погодных условий. Очевидно, в этом случае множество допустимых решений будет описываться матрицей решений (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица решений

	S_1	S_2	...	S_j	...	S_n
W_1	ω_{11}	ω_{12}	...	ω_{1j}	...	ω_{1n}
W_2	ω_{21}	ω_{22}	...	ω_{2j}	...	ω_{2n}
...	...	...	...	...	...	...
W_i	ω_{i1}	ω_{i2}	...	ω_{ij}	...	ω_{in}
...	...	...	...	...	...	...
W_m	ω_{m1}	ω_{m2}	...	ω_{mj}	...	ω_{mn}

Элементами ω_{ij} матрицы решений (ω_{ij}) являются главные критерии эффективности рациональной системы специального гидрометеорологического обеспечения, рассчитанные по всем сочетаниям предполагаемых вариантов ледовой обстановки и соответствующим рациональным вариантам обеспечения морских судов. В этой матрице будем считать множество стратегий $\{W_i\}$ $i=1, m$ вариантами рациональной системы гидрометеорологического обеспечения, а множество стратегий $\{S_j\}$ $j=1, n$ вариантами возможной ледовой обстановки. Увеличение размеров матрицы связано, как с недостатком информации о возможной ледовой обстановке, так и с многообразием возможных решений.

Лицу, принимающему решение (ЛПР), необходимо принять во внимание все оценки (ω_{ij}), так как ему неизвестно, с какими именно условиями он столкнется. Первоначальная задача максимизации согласно критерию (1) должна быть заменена другой, подходящим образом учитывающей все последствия любого из вариантов решения W_i . Чтобы прийти к однозначному и, по возможности, наивыгоднейшему варианту решения даже в том случае, когда каким-то вариантам решений W_i могут соответствовать различные условия S_j , необходимо ввести подходящие оценочные (целевые) функции.

Рассмотрим граничные критерии, соответствующие позиции предельного оптимизма и крайнего пессимизма [5]. Оптимистическая позиция:

$$W^{onm} = \{ W_i^{onm} | W_i^{onm} \in W \wedge \omega_i^{onm} = \max_{(i)} \max_{(j)} \omega_{ij} \} \quad (2)$$

т.е. из матрицы результатов решений (ω_{ij}) (табл.1) выбирается вариант (строка), содержащая наибольший из возможных результатов.

Пессимистическая позиция (ММ-критерий):

$$W^{onm} = \{ W_i^{onm} | W_i^{onm} \in W \wedge \omega_i^{onm} = \min_{(i)} \max_{(j)} \omega_{ij} \}, \quad (3)$$

ЛПР исходит из того, что надо ориентироваться на наименее благоприятный случай, и приписывает каждому из альтернативных вариантов наихудший из возможных результатов.

В том случае, когда известны вероятности $p(S_j)$ вариантов возможной ледовой обстановки, в качестве целевой функции может быть использован критерий Байеса-Лапласа (BL-критерий) [3]:

$$W^{onm} = \{ W_i^{onm} | W_i^{onm} \in W \wedge \omega_i^{onm} = \max_{(i)} \sum_{j=1}^n \omega_{ij} q_j \}, \quad (4)$$

где $q_j = p(S_j)$ – вероятность появления S_j варианта действий противника; n – количество возможных внешних состояний, образующих полную группу несовместных событий.

Рассмотрение методов, с помощью которых могут быть получены вероятности состояний $p(S_j)$ выходит за рамки настоящих исследований. На практике в случае полной неопределенности вероятности появления того или иного состояния принимаются равновероятными.

Ситуация, в которой принимается решение на основе BL-критерия характеризуется следующими обстоятельствами:

- вероятности состояний S_j известны и не зависят от времени;
- решение реализуется (теоретически) бесконечно много раз;
- для малого числа реализаций допускается некоторый риск.

Исходная позиция применяющего этот критерий оптимистичнее, чем в случае ММ-критерия, однако она предполагает более высокий уровень информированности.

Применение методов теории игр, как правило, не позволяет находить оптимальные решения. Эти методы позволяют попросту глубже разобраться в обстановке, оценить каждое решение с различных (иногда противоречивых) точек зрения, взвесить его преимущества и недостатки и принять решение, если не единственно правильное, то, по крайней мере, до конца продуманное.

Библиографический список

1. Указ Президента РФ от 5 марта 2020 г. N 164 "Об Основах государственной политики РФ в Арктике на период до 2035 года"

2. Половинкин В.Н. История и современное состояние создания перспективного ледового флота Российской Федерации / В.Н. Половинкин. А.Б. Фомичев // Арктика: экология и экономика. – 2012. – № 4 (8). – С. 46-58.

3. Елисеев Д.Н. Перспективы и риски развития Северного пути как российской транспортной артерии, составляющей предмет глобальных интересов // Российский экономический журнал. – 2015. – № 6. – С. 45-53.

4. Дегтярев В.Г. Методы случайного поиска с нестандартными распределениями. С-Пб.: ВМА, 1992. – 20 с.

5. Э. Мушик, П. Мюллер. Методы принятия технических решений. – М.: Мир, 1990. – 208с.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ В РАЗВИТИИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК МОРЕМ В 2023 ГОДУ

Захаров Валерий Вадимович

доцент кафедры СБС

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
E-mail: zakharovvalerij3@gmail.com*

THE ASPECTS OF CARGO TRANSPORTATION DEVELOPMENT AT SEA IN 2023

Zakharov Valerii

associate professor

*Federal Autonomous Educational Institution
of Higher Education «Sevastopol State University»,
299053, Sevastopol, Str.Universitetskaja, 33*

АННОТАЦИЯ В тезисах отражены общие положения исследования основных направлений развития торгового судоходства в современном мире. Автор объясняет основные направления для реализации развития грузоперевозок в сложившихся условиях рынка к которым относятся: внедрение новых технологий в грузоперевозки на море, улучшение инфраструктуры портов для увеличения эффективности транспортировки грузов, развитие экологически чистых методов грузоперевозок на море, внедрение цифровых решений для оптимизации логистики и управления грузоперевозками, развитие международного сотрудничества для улучшения безопасности и эффективности морских грузоперевозок.

Ключевые слова: .

ABSTRACT. The theses are reflect the common provisions at study of the main directions of development in the maritime trade of the modern world. The author explains the general directions of development in the freight transportation of the current market conditions, which are including: the introduction of new technologies at sea freight transportation, port infrastructure improvements to increase the efficiency of cargo transportation, development in the environmentally friendly methods at sea freight transportation, implementation of digital solutions to optimize logistics and cargo management, and the development of international cooperation to improve the safety and efficiency of maritime cargo transportation.

Keywords: .

На конференции организации объединенных наций по торговле и развитию, проходившей в Женеве в 2023 году по девизом «К экологически чистому судоходству на справедливых условиях» определены основные задачи в развитии современного судоходства и основные пути их реализации.

Было отмечено, что в мировом судоходстве наблюдается ряд тенденций, которые осложняют для перевозчиков задачу сбалансирования спроса и предложения. Снижение спроса на грузоперевозки ведут к избыточности предложения тоннажа, характеризующийся избыточной провозной способностью, в результате чего перевозчикам придется регулировать предложение провозной способности с помощью таких мер, как отсрочка поставки новых судов, постановка судов на прикол или сдача судов на слом [1].

Главная задача судоходной отрасли, несомненно, заключается в том, чтобы начать процесс преобразований в целях декарбонизации и в то же время содействовать стимулированию экономического роста. В будущем для успешного и бесперебойного функционирования морского транспорта на справедливой основе важно в равной степени учитывать такие аспекты, как экологическая устойчивость, соблюдение нормативных требований и экономические потребности.

Ключевую роль в современной индустрии судоходства, направленную на улучшение безопасности мореплавания имеют вопросы связанные с повышением эффективности морских перевозок, направленные на улучшение экологической устойчивости и общей производительности морских перевозок. По отношению к грузоперевозкам на море, экологическая устойчивость включает в себя использование чистых видов топлива, уменьшение выбросов вредных веществ в окружающую среду, защиту морской жизни и биоразнообразия, а также соблюдение международных экологических стандартов и соглашений.

В 2023 году в результате военных конфликтов значительно увеличилась дальность перевозок, перераспределение рынков и поиск новых клиентов. Это привело к потребности:

1. Разработки систем автоматизированных систем управления судном. К таким системам относятся автопилоты и системы дистанционного управления судном, системы планирования и оптимизации маршрутов движением судна.

Необходимо отметить, одним из приоритетных направлений в области автоматизации судовождения является создание и использование беспилотных судов для оптимизации процессов перевозки грузов.

2. Повышения энергоэффективности для судовых двигателей и дизель-генераторов. В этой области усилия направлены на разработку систем управления двигателями, которые позволяют оптимизировать нагрузку на двигатель, использование топлива в зависимости от условий эксплуатации, применение продвинутых систем управления расходом энергии для освещения, отопления и кондиционирования воздуха на судне, применение современных

материалов и конструкций, способствующих снижению сопротивления воды и улучшению аэродинамических свойств судна.

3. Использование искусственного интеллекта AI-технологий и аналитики данных, внедрение систем машинного обучения для прогнозирования состояния судна и предотвращения отказов оборудования.

Подобные системы используются для анализа данных о технических параметрах двигателя и других устройств на борту судна, чтобы определить факторы, которые могут привести к неполадкам или авариям. Это позволяет проводить профилактическое обслуживание и ремонт необходимых частей до того, как возникнут серьезные проблемы.

4. Анализ данных для оптимизации маршрутов, управления энергопотреблением и улучшения общей производительности судов. Для оптимизации маршрутов, управления энергопотреблением и улучшения общей производительности судов анализируются погодная информация, скорость и направление ветра, течения. Также для этого используются данные о состоянии двигателей и других систем на борту судна. Анализ этих данных позволяет принимать соответствующие решения по оптимальной маршрутизации судна, регулированию расхода топлива и повышению его общей производительности.

Разработка систем аварийного предупреждения и техническое обслуживание судов для предупреждения аварий и непредвиденных остановок.

Важным событием в области реализации конвенции МАРПОЛ стало принятие пересмотренной стратегии по сокращению выбросов парниковых газов на восьмидесятой сессии Комитета ИМО по защите морской среды в июле 2023 года, а также продвижение к завершению работы над планами по сокращению выбросов парниковых газов. Взят курс на декарбонизацию судоходной отрасли, который означает для судоходной отрасли осуществить декарбонизацию в кратчайшие сроки [1].

Для реализации поставленной задачи необходимо применение экологически чистых технологий, к которым относятся разработка и внедрение систем очистки выбросов, чтобы снизить воздействие морского транспорта на окружающую среду, исследование и внедрение новых материалов, которые могут сделать суда более эффективными и экологически устойчивыми.

На конференции по морскому транспорту отдельно отмечено необходимость повышения эффективности погрузочно-разгрузочных операций в портах. Одно из направлений по улучшению работы порта являются меры по упрощению процедур перевозок на морском транспорте, которые должны способствовать повышению эффективности работы портов и улучшению сообщения с внутренними районами стран, правового регулирования,

облегчающее признание и использование электронных коносаментов, организация работы порта по принципу «единого окна».

Для реализации повышения эффективности работы портов необходимо применения современных технологий в области логистики и обработки грузов, отслеживания движения грузов, транспортных средств для избежания потерь грузов или средств.

Для решения вопросов оптимизации движения грузов внедряются такие системы как системы управления транспортными потоками Transportation Management Systems, которые позволяют компаниям эффективно планировать, отслеживать и управлять грузоперевозками, оптимизируя маршруты и управляя ресурсами.

Системы умных логистических решений Smart Logistics Solutions, которые используют аналитику данных, машинное обучение и искусственный интеллект для улучшения прогнозирования спроса, оптимизации маршрутов, управления запасами и снижения издержек.

Особое внимание по реализации методов повышения эффективности грузоперевозок морем уделяется технологиям с использованием интернет-ресурсов и искусственного интеллекта. В этом направлении оптимизация и повышение эффективности морских грузоперевозок выполняет система Интернет вещей Internet of Things, которая позволяет отслеживать и мониторить состояние грузов и транспортных средств в реальном времени с помощью сенсоров и устройств, обеспечивая более точную и безопасную доставку.

В системе IoT применяются цифровые платформы и приложения для обмена информацией между различными участниками логистической цепи, что помогает улучшить координацию и управление перевозками.

Задачами, реализуемые в системе интернет вещей IoT и системы связи являются прежде всего разработка систем мониторинга и диагностики состояния судов с использованием сенсоров, устройств, преобразующих физическое изменение в объекте наблюдения в информационный сигнал для пользователя. Установка датчиков на различные части судна и его механизмы, такие как двигатели, генераторы, насосы и другие системы позволяет собирать данные о состоянии оборудования в реальном времени. Системы IoT могут предупреждать о возможных отказах или неисправностях оборудования, оптимизируя техническое обслуживание и предотвращая аварии.

Установка сенсоров для отслеживания расхода топлива и анализ данных по топливопотреблению помогает оптимизировать маршруты и управление энергопотреблением, что приводит к экономии топлива и снижению затрат.

Установка камер и датчиков для мониторинга безопасности на борту судна и вокруг него. Использование датчиков GPS и других средств для навигации позволяет Системе IoT анализировать данные о текущем положении судна, погодных условиях для оптимизации маршрутов и улучшения эффективности.

Библиографический список

1. Обзор морского транспорта 2023 год: Организация Объединенных Наций, октябрь 2023 года: сайт. – URL: <https://unctad.org/>.
2. Глобальные тенденции в области морских технологий до 2030 года: 2015 Lloyd's Register, QinetiQ and University of Southampton: сайт. – URL: <https://www.lr.org/>.
3. Российский профессиональный союз моряков Seafarers' Union of Russia: сайт. – URL: http://www.sur.ru/ru/news/lent/2019-06-17/sudokhodstvo_2030_novye_tekhnologii_v_morskoj_industrii_17778/.

ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАТИВНОЙ ДОСТАВКИ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ ВОЗДУШНЫМ ПУТЕМ

Касьянов Владимир Сергеевич

аспирант

E-mail: pankbusted@mail.ru

Родькина Анна Владимировна

кандидат технических наук, доцент

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,*

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

E-mail: a.v.rodkina@mail.ru

Балагурак Анастасия Викторовна

инженер-конструктор

АО «ЦКБ «Коралл»

299028, Россия, г. Севастополь, ул. Репина, 1

E-mail: anastasiabalahurak@gmail.com

FEATURES OF OPERATIONAL DELIVERY OF AUTONOMOUS UNINHABITED UNDERWATER VEHICLES BY AIR

Kasyanov Vladimir Sergeevich

Graduate student

E-mail: pankbusted@mail.ru

Rodkina Anna Vladimirovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Sevastopol
State University", 33 Universitetskaya str., Sevastopol, 299053*

E-mail: a.v.rodkina@mail.ru

Balagurak Anastasia Viktorovna

design engineer

JSC "Central Design Bureau "Coral"

299028, Russia, Sevastopol, Repina str., 1

E-mail: anastasiabalahurak@gmail.com

АННОТАЦИЯ. В настоящее время прогресс исследования вод Мирового Океана несколько тормозится отсутствием более инновационных методов доставки исследовательского оборудования для проведения научных и обзорно-поисковых работ. В связи с этим, а также в целях экономии средств, затрачиваемых на непосредственное проведение и сопровождение экспедиций, разработан алгоритм

расчета для осуществления доставки АНПА в любую точку Мирового Океана с борта летательного аппарата.

Ключевые слова: .

ANNOTATION. Currently, the progress of exploration of the waters of the world's oceans is somewhat hampered by the lack of more innovative methods of delivering research equipment for scientific and survey research. In this regard, and also in order to save money spent on the direct conduct and support of expeditions, a calculation algorithm has been developed for the delivery of ANPA to any point of the World Ocean from an aircraft.

Keywords: .

На текущий момент одной из передовых областей в судостроении является проектирование морских роботов, к числу которых относятся и автономные необитаемые подводные аппараты, являющиеся универсальными средствами для удаленного проведения подводных работ. Список выполняемых рассматриваемыми аппаратами задач варьируется от действий оборонной направленности до добычи полезных ископаемых, поиска затонувших объектов, прокладывания подводных кабелей и др. Так, ярким примером служит факт недостаточности исследования Мирового Океана, который, по мнению экспертов, изучен лишь на 5–7 % от его реального объема, не смотря на его географическое расположение, занимаемое более 70 % площади планеты. Именно в недрах Мирового Океана содержатся источники для добычи природных ископаемых и энергетических ресурсов, являющиеся предметом экономического интереса для широкого круга лиц.

По причине развития АНПА модульных конструкций, а также, как следствие их условной стандартизации, увеличение доступности для потребителя и увеличение объемов производства влечет новые сферы применения подобных АНПА. Например, в работе предлагается использование малых АНПА для проведения спасательных работ в случае крушения летательных аппаратов.

Оперативная доставка АНПА воздушным путем в данном случае может быть необходимостью, поскольку значительно повышает эффективность спасательных работ путем уменьшения затрат времени на реагирование и поиск. В работе предлагается использовать малые АНПА в качестве мер экстренного реагирования на аварийные и внештатные ситуации, происходящие на буровых установках, в местах добычи минеральных ресурсов, а также для планового мониторинга состояния самих нефтедобывающих систем. Если говорить о конкретной специфике использования АНПА исследовательского назначения, следует заметить, что, как правило, процесс поиска или обследования объектов любого типа сопровождается двумя операциями: первая – приблизительное определение координат местонахождения искомого объекта, второе: уточнение. Не всегда аппаратура,

имеющаяся в наличии на рабочем АНПА, может удовлетворить требованиям обеспечения необходимой точности повторного досмотра исследуемого объекта, и, в таком случае, смысл проведения экспедиции может полностью исчезнуть. Во избежания попадания в подобного рода ситуации, возможно применение транспортировки дополнительного АНПА или оборудования для него воздушным путем даже при наличии с аппаратами экспедиционного судна.

В будущем, возможно, подобный алгоритм имеет место к использованию в районах проведения длительных научно-исследовательских экспедиций, в случае использования АНПА системой подводных док-станций или механизма изъятия и подзарядки с последующей повторной транспортировкой к месту проведения работ. На данный момент существует несколько систем пуска АНПА. В случае пуска аппарата с борта судна-носителя различают метод пуска с помощью мускульной силы человека, метода спуска АНПА с заданной высоты по заранее рассчитанной траектории, а также с использованием пусковых установок. Помимо запуска АНПА с борта судна, существуют также варианты его доставки подводным путем, через подводные установки пуска. В некоторых научных статьях авторства зарубежных коллег указан также вариант транспортировки АНПА воздухом в качестве одного из возможных (Air Launch – в данный момент реализуется в целях воздушного старта ракеты), однако работ, где этот способ, помимо упоминания, рассматривался бы хотя бы в общих чертах, в свободном доступе нет.

Проблемы, связанные с подводным пуском АНПА, весьма очевидны – для осуществления подобных программ необходимо строительство отдельных пусковых установок, которые не являются транспортируемыми, поэтому их применение весьма ограничено и подходит в основном только для случаев необходимости транспортировки аппаратов в подводные районы, с уже существующей исследовательской инфраструктурой на их территории.

В случае с пуском АНПА с борта экспедиционного судна, разрабатываемый метод транспортировки имеет ряд безусловных преимуществ, связанных, в первую очередь, с отсутствием необходимости больших временных затрат на организацию экспедиции, а также финансовых потерь на ее сопровождение, необходимость в поиске и обеспечении комфортного пребывания сотрудников экспедиции. Согласно публикациям в открытых источниках, экспедиционные затраты, вызванные необходимостью нахождения экспедиционного судна в районе проведения АНПА исследовательских работ в США оценивается стоимостью до 30 тыс. дол. в сутки, при том, что иногда подобного рода экспедиции могут длиться в том числе сроком в несколько месяцев.

Помимо этого, для России также существует проблема устаревания флота научно-исследовательских судов. По данным доклада о состоянии

национальной безопасности РФ в области морской деятельности, НИС ФАНО (13 судов), Росгидромета (16 судов), Гидрографии ВМФ (1 судно) и Роснедр (4 судна) в ближайшее время могут быть списаны, поскольку находятся в критическом состоянии, требуют ремонта и модернизации. Средний износ флота оценивается в 84 %. Также возможен вариант спуска АНПА с помощью парашюта с активацией при касании поверхности воды и отстреливания парашюта с дальнейшим погружением под воду аппарата для проведения различных работ и выполнения поставленных целей.

Существует масса различных конструктивных особенностей АНПА, для настоящей работы ключевой из них является разнообразие форм корпусов аппаратов, поскольку именно особенности геометрии определяют действие нагрузок на корпус изделия при сбросе его в воду, расчет которых необходим для подбора параметров приводнения АНПА при рассматриваемом способе его пуска. Наиболее часто встречающимся вариантом формы конструкции корпуса АНПА является цилиндрическая, торпедообразная (глайдерная) форма и различные ее вариации. Настолько широкое распространение эта форма корпуса получила благодаря высокой обтекаемости и гидродинамическому качеству. В дальнейшем расчет параметров приводнения АНПА при его спуске в воду будет приводиться для аппаратов именно торпедообразной формы, в силу высокой их распространенности.

В работе разработан алгоритм расчета для осуществления доставки АНПА в любую точку Мирового Океана с борта летательного аппарата, который апробирован на примере автономного необитаемого аппарата ММТ-300. А именно, подобраны параметры приводнения при его сбросе в воду с борта самолета-носителя. Определен диапазон допустимых чисел угла атаки при приводнении с воздуха для аппарата прототипа, он составил $\pm 0-11^\circ$. Для обеспечения дополнительных условий безопасности АНПА при приводнении для него был подобран грузовой парашют ПГР-75-250 производства Russian Parachute Group. Значения других рассчитанных параметров для АНПА ММТ-300 и парашюта для него приведены в конце каждого раздела.

Приведенный процесс расчета параметров приводнения АНПА с летательных аппаратов является универсальным и может быть применен для АНПА практически любых габаритов и целей, с внесением несущественных уточнений касательно особенностей каждого отдельно взятого для расчета аппарата.

Библиографический список

1. Розов Г.Д., Сальский М.С. Аэродинамика самолета. Москва, 1988. – 227 с.
2. Войтов Д.В. Автономные необитаемые аппараты, Моркнига.; М.: 2015. – 330 с.
3. Кириенко А И Системы десантирования, Москва, 2012. – 120 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПОВТОРЯЕМОСТИ СИЛЬНЫХ ВЕТРОВ НАД РАЙОНАМИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Курочкин Леонид Егорович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: l.kurochkin.mj@mail.ru

Холопцев Александр Вадимович

доктор географических наук, профессор

E-mail: khloptsev@mail.ru

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33*

CURRENT TRENDS OF CHANGES IN THE FREQUENCY OF STRONG WINDS OVER THE RUSSIAN ARCTIC REGIONS

Kurochkin Leonid Egorovich

Candidate of Technical Science, Assistant Professor

Khloptsev Aleksander Vadimovich

Doctor of Geographical Sciences, Professor

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Sevastopol
State University", 33 Universitetskaya str., Sevastopol, 299053*

АННОТАЦИЯ. Безопасность и эффективность эксплуатации транспортных комплексов, особенно водного транспорта, во многом определяется гидрометеорологическими условиями на путях его следования. При длительных переходах морских судов крайне важно использовать актуальную прогностическую информацию, от качества которой напрямую безопасность судна и груза. Поэтому совершенствование методик оценки тенденций изменения метеоусловий, которые напрямую определяют качество выдаваемых метеопрогнозов, является актуальной проблемой не только гидрометеорологии, но также и современного судоходства. Наибольший интерес решение рассматриваемой проблемы представляет для океанических регионов, в которых систематических метеонаблюдений не всегда достаточны. В таких регионах оценка тенденций межгодовой изменчивости характеристик метеоусловий возможна лишь с учетом факторов, изменяющих состояние атмосферы над любыми регионами на основе ретроспективного анализа статистических данных интересующих нас процессов.

Ключевые слова: северный морской путь, повторяемость сильных ветров, межгодовые изменения, акватория, ретроспективный анализ.

ABSTRACT. Safety and efficiency of operation of transportation complexes, especially water transport, is largely determined by hydrometeorological conditions along its routes. During long passages of sea vessels it is extremely important to use actual prognostic information, the

quality of which directly affects the safety of the vessel and cargo. Therefore, improvement of methods for assessing trends in weather conditions, which directly determine the quality of weather forecasts, is an urgent problem not only for hydrometeorology, but also for modern shipping. The solution of the problem under consideration is of the greatest interest for oceanic regions where systematic meteorological observations are not always sufficient. In such regions, an assessment of the trends of interannual variability of the characteristics of meteorological conditions is possible only taking into account the factors changing the state of the atmosphere over any regions on the basis of a retrospective analysis of statistical data of the processes of interest to us.

Keywords: northern Sea Route, frequency of strong winds, interannual changes, water area, retrospective analysis.

Введение

Сильные ветры, возникающие над любым районом Российской Арктики, существенно изменяют состояние его ледяного покрова. Они способны влиять на дрейф морских льдов, приводить к их сжатию, а также другим опасным природным явлениям, которые снижают безопасность навигации на Северном морском пути (СМП).

Поэтому оценка современных тенденций изменения повторяемости сильных ветров (ПСВ) над различными районами СМП является актуальной проблемой гидрометеорологии и безопасности судоходства. Ее решение позволило бы определить районы акватории СМП, где в современном периоде значения ПСВ возрастают.

Акваторию Северного морского пути можно условно разделить на 28 районов, через которые проводятся каботажные перевозки в пункты: Шпицберген, Мыс Каменный, Остров Врангеля, Мыс Шмидта, Байдарацкая губа, Салмановское месторождение, Новый Порт, Приразломное месторождение, Колгуев, Рогачёво, Белушья Губа, Соловецкие острова, Нордвик, Харасавэй, Полярный, Печенга, Земля Франца Иосифа, а также транзитные перевозки. Длина СМП от Карских Ворот до бухты Провидения около 5600 км.

Несмотря на то, что мониторинг ветрового режима над акваторией СМП уже многие десятилетия осуществляют расположенные здесь метеостанции Росгидромета и вахтенные штурмана работающих в них судов, расположения ее районов, где в ближайшие годы для того или иного месяца вероятно опасное повышение ПСВ, не выявлены. Поэтому целью данной работы является выявление таких районов.

Идея работы: опасное повышения ПСВ в некотором районе СМП в ближайшие годы вероятно, если среднее за современный период значение ПСВ для него являлось повышенным, а в межгодовых изменениях ПСВ присутствовал значимый возрастающий тренд.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

1. Оценка средних за период 2010-2021 гг. значений ПСВ для различных участков акватории Российской Арктики.
2. Выявление районов акватории СМП, где в межгодовых изменениях ПСВ для указанного периода преобладали значимые тенденции к их увеличению.

1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Как фактический материал, использована информация о распределении в пределах Российской Арктики значений, составляющих среднечасовой скорости ветра на высоте 2м над земной поверхностью, которая получена из реанализа ERA-5.

Методика исследования предполагала для каждого участка поверхности изучаемого региона и для каждого часа вычисление значения модуля скорости рассматриваемого ветра, а также определение для каждого месяца ПСВ ветров, среднечасовые скорости которых превышали 11 м/с и 15 м/с. Из значений ПСВ для каждого участка и каждого месяца сформированы временные ряды. Как количественная характеристика тенденции рассматривалось значение углового коэффициента линейного тренда изучаемого временного ряда. Выявленная тенденция признавалась значимой, если достоверность такого вывода составляла не менее 0,95.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Результаты решения первой задачи.

Распределения ПСВ в пределах Западного сектора Российской Арктики (Схема 1) показаны на рисунке 1.

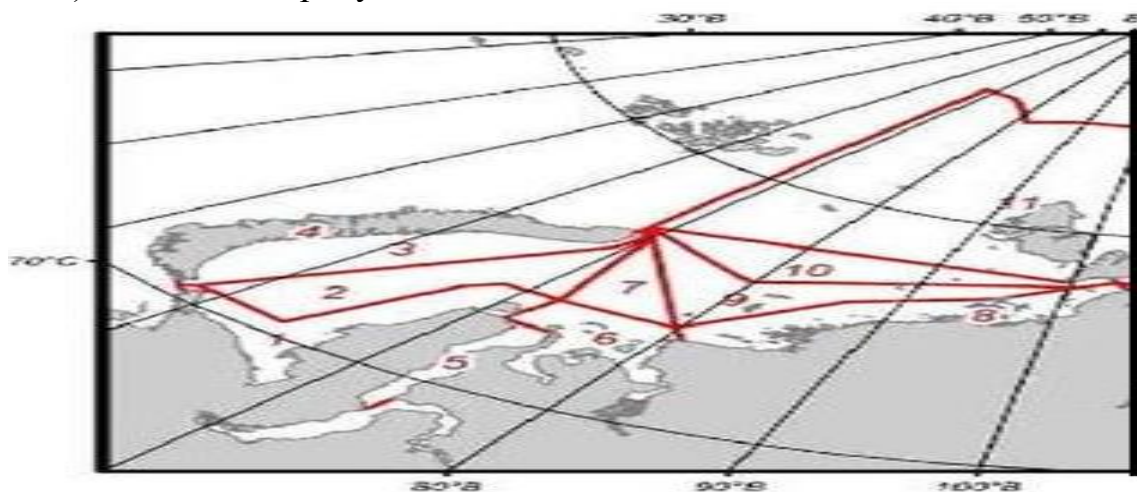


Схема 1 – Районы Западного сектора Российской Арктики

Распределения в пределах Западного сектора Российской Арктики средних за 2010-2021 гг. значений ПСВ ветров с $V > 15$ м/с для месяцев ноябрь-апрель свидетельствуют о том, что его площади, где эти показатели превышали

48 час, были максимальны для января (в районах Баренцева моря, расположенных к северу от Кольского полуострова). ПСВ повышены также для всех районов акватории СМП для января и февраля.

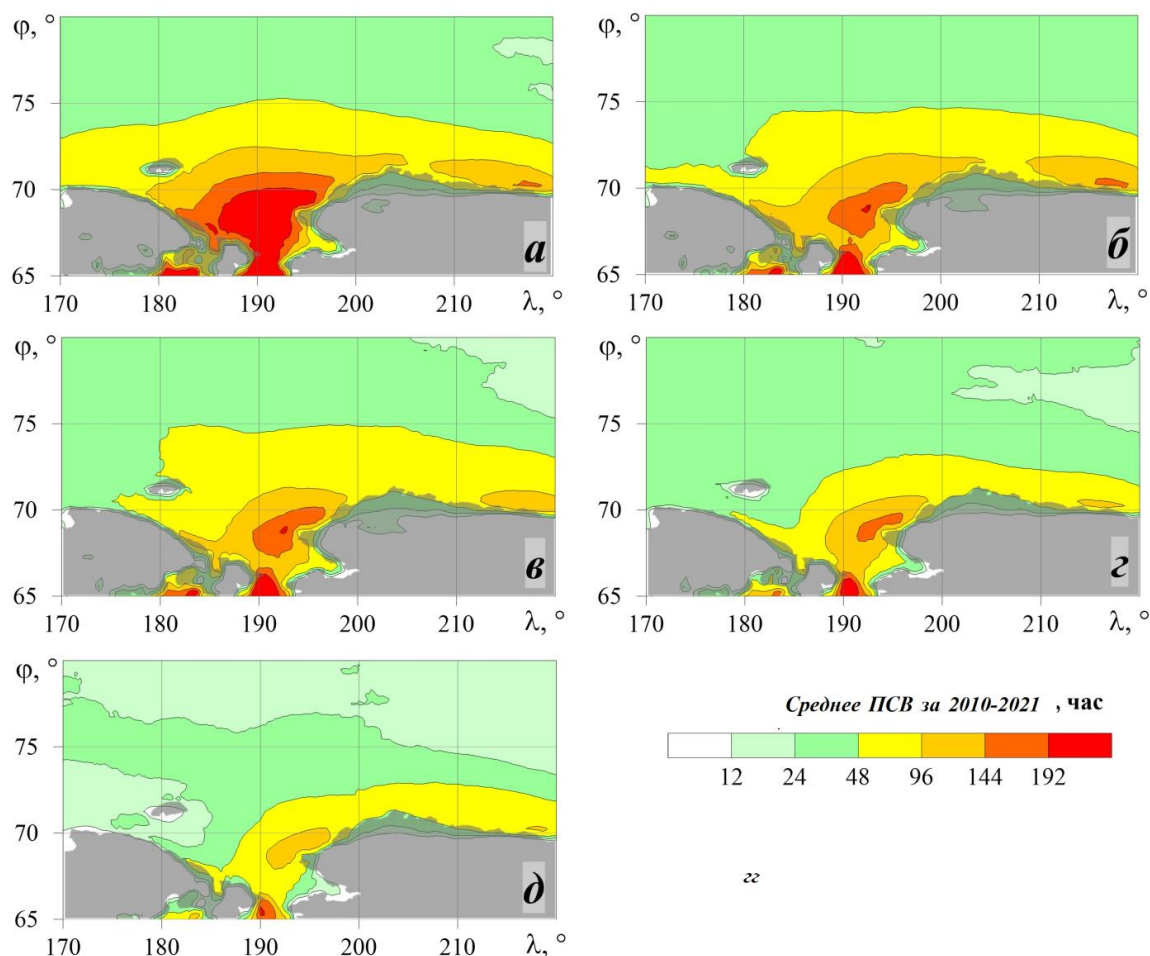


Рисунок 1 – Средние за 2010-2021 гг. значения ПСВ для ветров с $V > 15$ м/с для акваторий и территорий Западного сектора Российской Арктики:
а) Ноябрь, б) Декабрь, в) Январь, г) Февраль, д) Март, е) Апрель.

Распределения ПСВ в пределах западной части Восточного сектора Российской Арктики (Схема 2) показаны на рисунке 2.

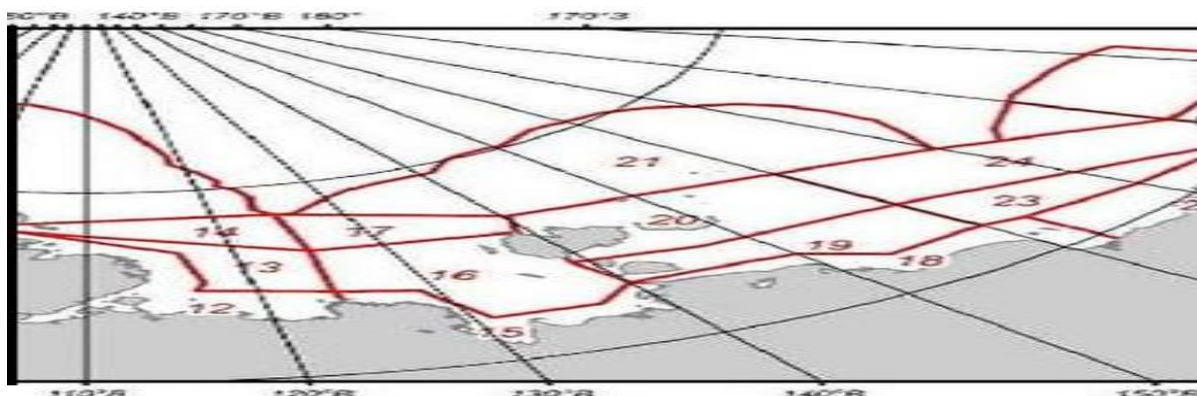


Схема 2 – Районы западной части Восточного сектора Российской Арктики

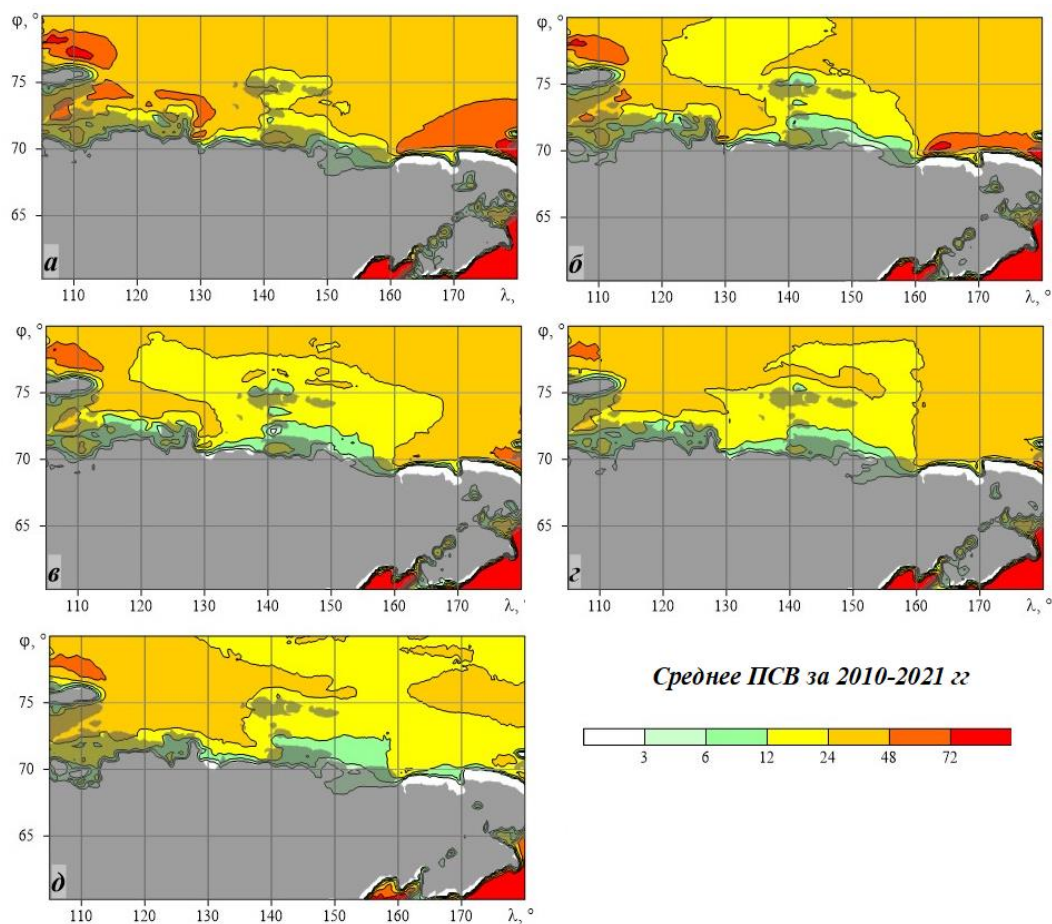


Рисунок 2 – Средние за 2010-2021 гг. значения ПСВ для ветров с $V > 11$ м/с для акваторий и территорий западной части Восточного сектора Российской Арктики: а) Декабрь, б) Январь, в) Февраль, г) Март, д) Апрель.

Из рисунка видно, что площади участков акваторий Лаптевых и Восточносибирского, где средние за 2010-2021 гг. значения ПСВ ветров с $V > 11$ м/с для месяцев декабрь-апрель превышали 48 час. максимальны для декабря и января. Такие участки относятся к районам 13-14 и 23-24.

Распределения ПСВ для акваторий и территорий Чукотского моря (Схема 3) показаны на рисунке 3.

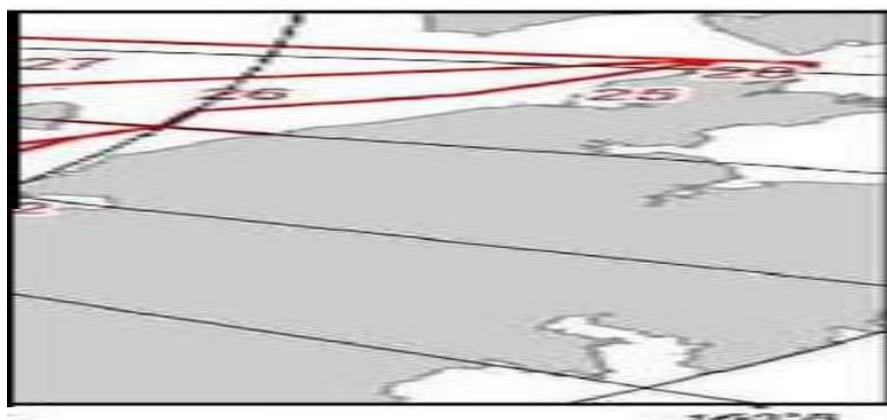


Схема 3 – Районы западной части Чукотского моря

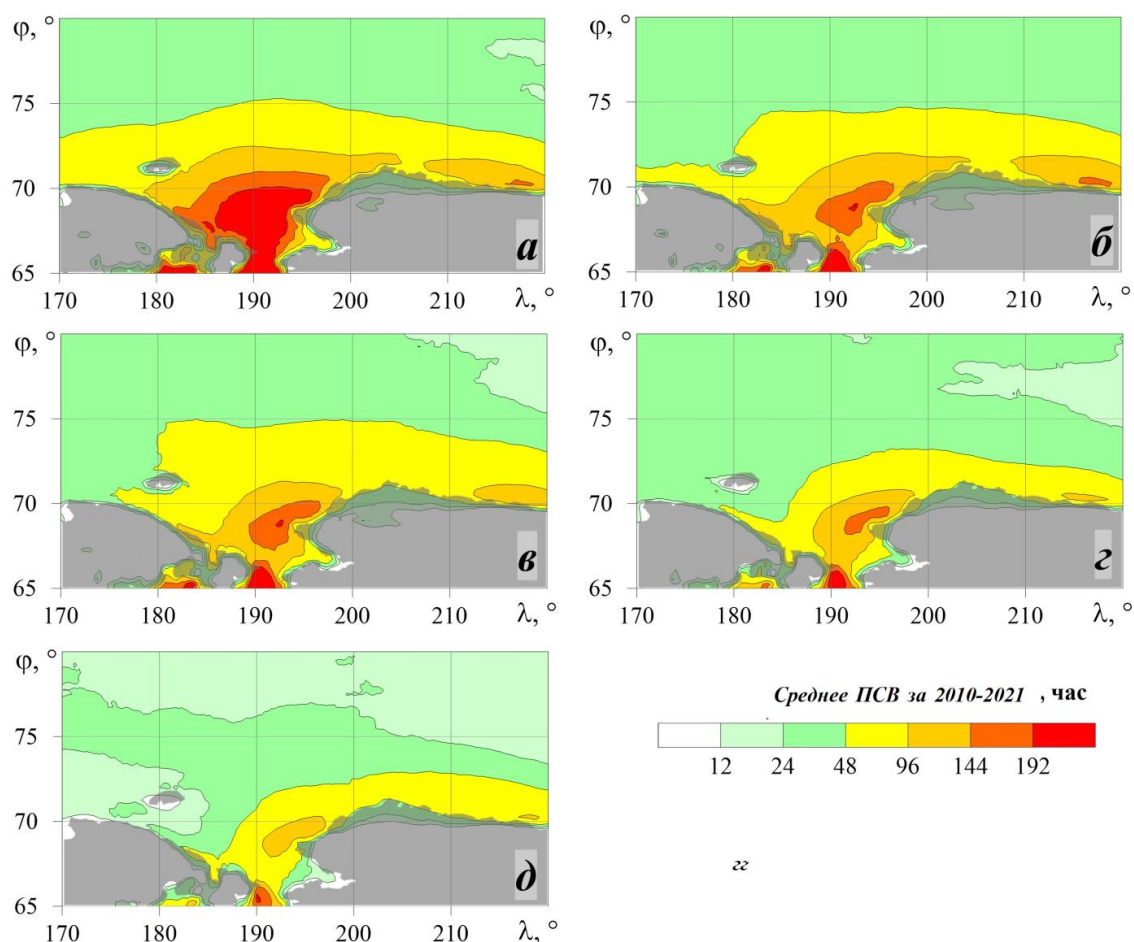


Рисунок 3 – Средние за 2010-2021 гг. значения ПСВ для ветров с $V > 11$ м/с для акваторий и территорий региона Чукотского моря:
а) Декабрь, б) Январь, в) Февраль, г) Март, д) Апрель.

Из рисунка видно, что площади участков акватории Чукотского моря, где средние за 2010-2021 гг. значений ПСВ ветров с $V > 11$ м/с для месяцев декабрь-апрель превышали 48 час, были максимальны для декабря. Такие участки в любые месяцы преобладали в районе 28.

Результаты решения второй задачи.

Тенденции изменения ПСВ на акватории Западного сектора Российской Арктики для ветров с $V > 15$ м/с показаны на рисунке 4.

Размеры участков акваторий Западного сектора Российской Арктики, где средние скорости увеличения ПСВ для ветров с $V > 15$ м/с, превышали 4 час/год, достигали наибольших значений для декабря и января. В любые месяцы площади упомянутых участков максимальны для Баренцева моря. Для Карского моря такие тенденции выявлены лишь для января и районов акватории СМП 2, 3, 9.

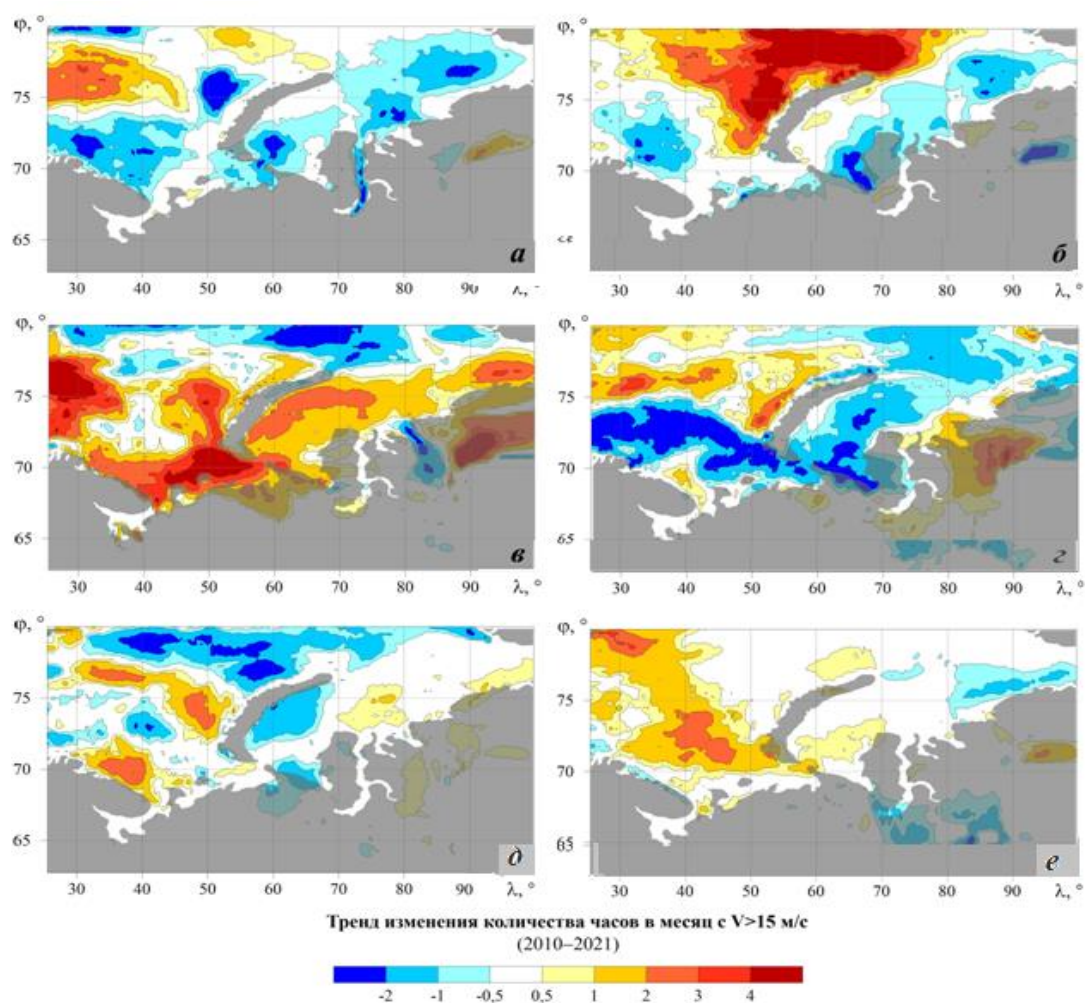


Рисунок 4 – Тенденции изменения ПСВ на акватории Западного сектора Российской Арктики и прибрежных территориях для ветров с $V > 15$ м/с в 2010-2021 гг.:

а) Ноябрь. б) Декабрь, в) Январь, г) Февраль, д) Март, е) Апрель.

Тенденции изменения ПСВ на акватории Западного сектора Российской Арктики для ветров с $V > 11$ м/с показаны на рисунке 5.

Аналогичные выводы справедливы и в отношении распределения по акваториям и территориям этого сектора значимых тенденций к повышению ПСВ для ветров с $V > 11$ м/с. Как видно из сравнения Сл.8 и Сл.9, между рассматриваемыми распределениями существует подобие. Тем не менее, их особенности, проявляющиеся во многих частях изучаемого региона, существенно различаются. Эти различия наиболее значимы практически для декабря и марта в западной части Карского моря, через которую проходят маршруты судов, перевозящих газ и гозоконденсат с месторождений полуострова Ямал.

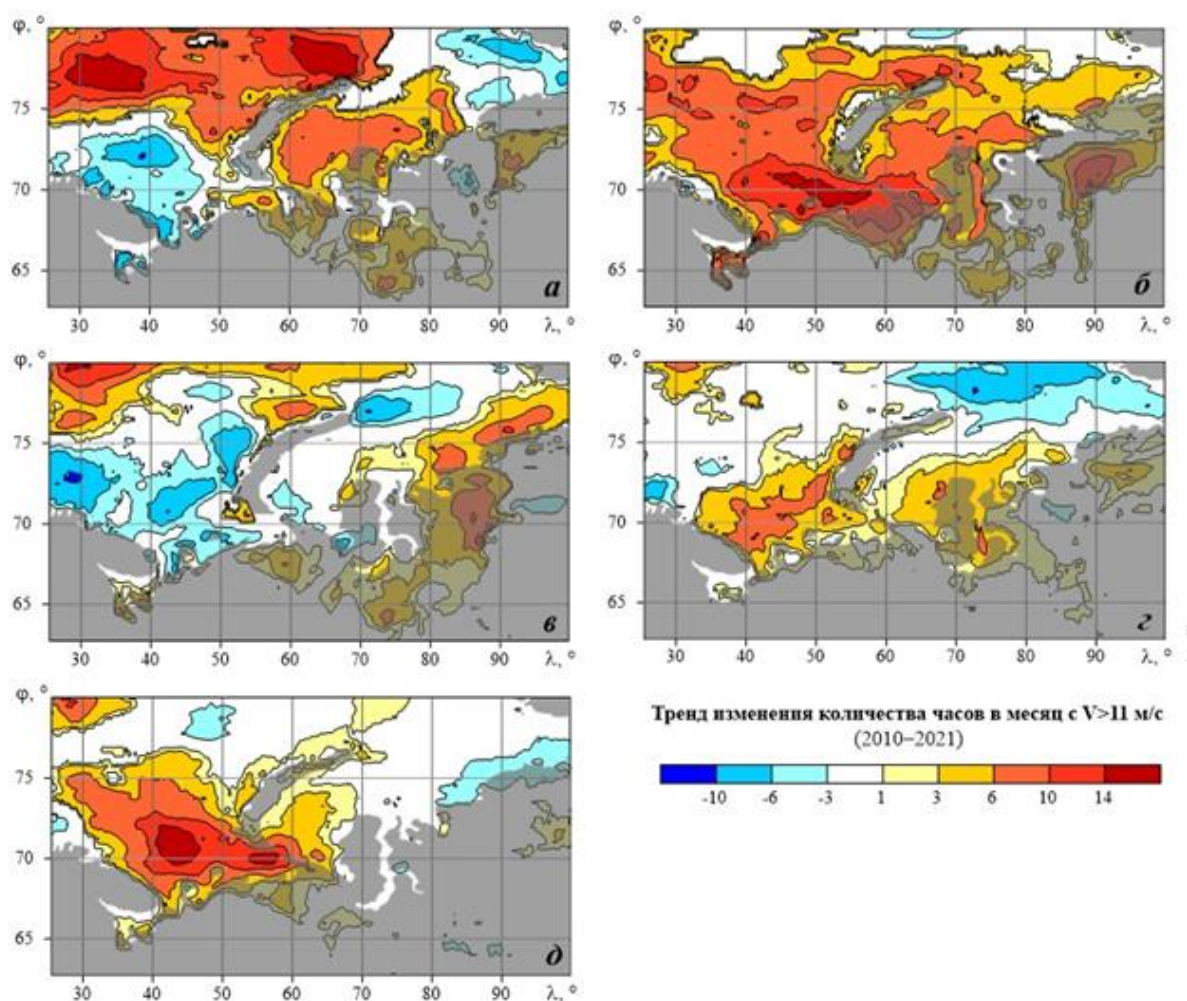


Рисунок 5 – Тенденции изменения ПСВ на акватории Западного сектора Российской Арктики и прибрежных территориях для ветров с $V > 11$ м/с в 2010–2021 гг.:

а) Декабрь, б) Январь, в) Февраль, г) Март, д) Апрель.

Тенденции изменения ПСВ на акватории морей Лаптевых и Восточносибирского, а также прибрежных территориях для ветров с $V > 15$ м/с показаны на рисунке 6.

Для акваторий морей Восточного сектора Российской Арктики площади их участков, где средние скорости увеличения ПСВ для ветров с $V > 15$ м/с, в те же годы достигали наибольших значений, в 2010–2021 гг. были максимальны для апреля. В указанном месяце такое имело место в западной части моря Лаптевых, а также в восточной части Восточносибирского моря (районы 13, 14, 24 и 27). Для декабря и января, на большинстве участков акватории рассматриваемого региона, тенденции изучаемого процесса значимыми не являлись. Для прочих зимне-весенних месяцев в изменениях ПСВ здесь преобладали значимые убывающие тренды.

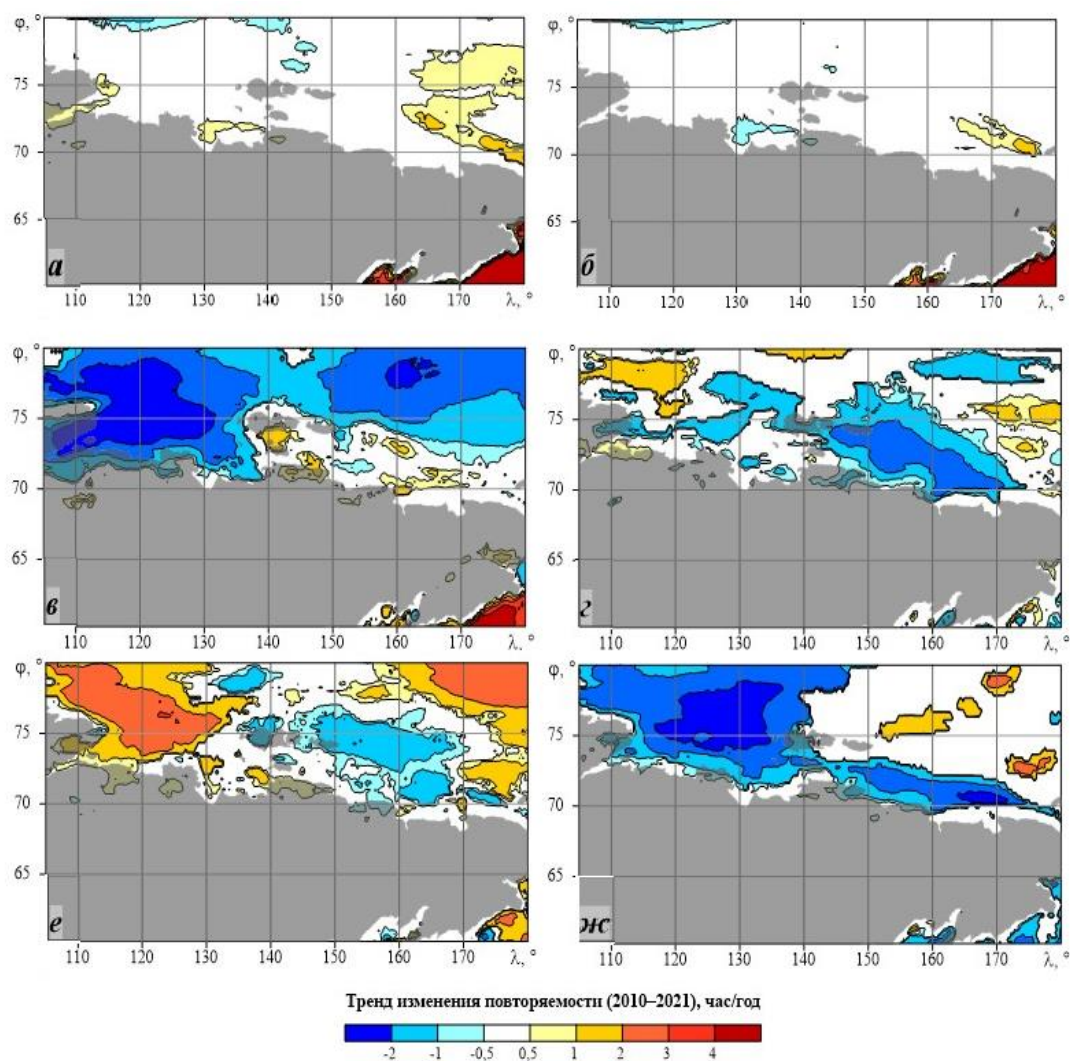


Рисунок 6. Тенденции изменения ПСВ на акватории морей Лаптевых и Восточносибирского, а также прибрежных территориях для ветров с $V > 15$ м/с в 2010-2021 гг.: а) Декабрь, б) Январь, в) Февраль, г) Март, д) Апрель, е) Май

Тенденции изменения ПСВ на акватории морей Лаптевых и Восточносибирского, а также прибрежных территориях для ветров с $V > 11$ м/с показаны на рисунке 7.

Участки акваторий морей Лаптевых и Восточносибирского, на которых средние скорости увеличения ПСВ для ветров с $V > 11$ м/с, в 2010-2021 гг. достигали наибольших значений, обнаружены для января, марта и апреля. Для января они располагались в западной и северной части моря Лаптевых, а также в восточной части Восточносибирского моря. Для марта такие участки обнаружены в районах, расположенных к северо-востоку от полуострова Таймыр, у Новосибирских островов, а также в восточной части Восточносибирского моря. Для апреля они находились в южных и центральных

частях обоих морей. Для прочих месяцев здесь преобладали значимые тенденции к уменьшению этих показателей.

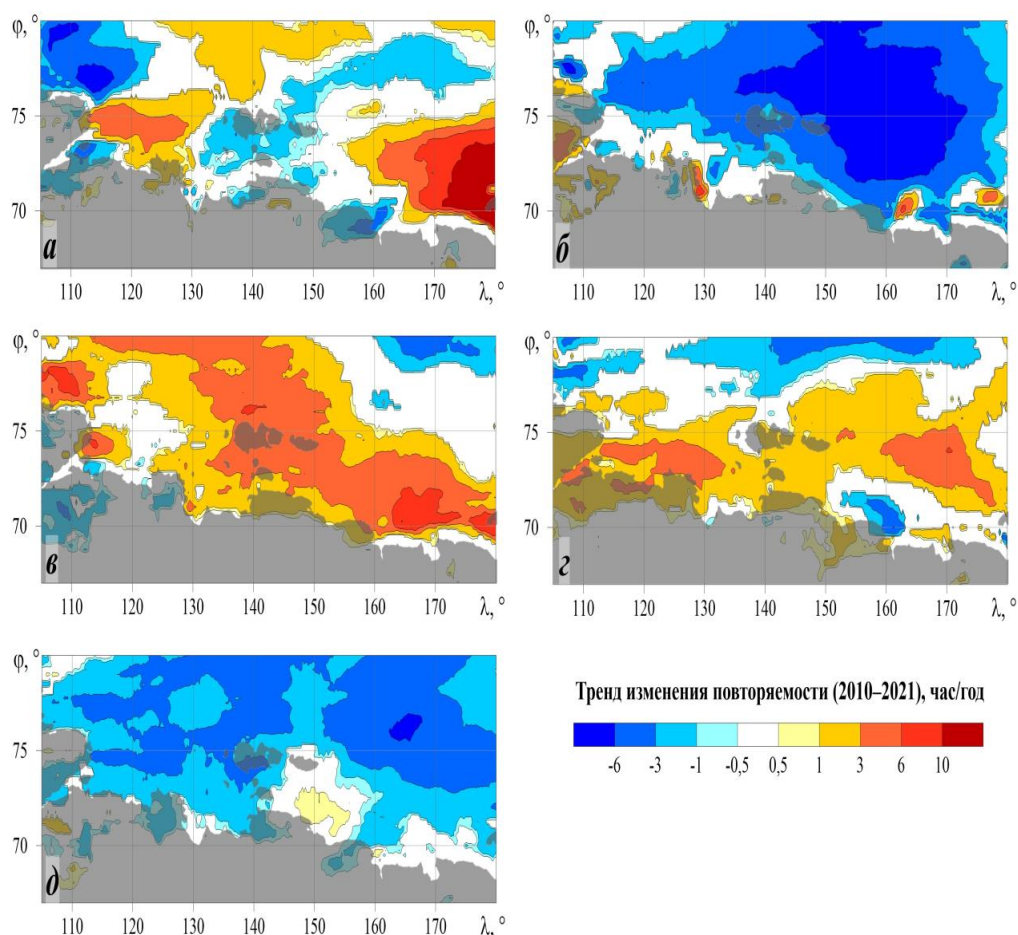


Рисунок 7 – Тенденции изменения ПСВ на акватории морей Лаптевых и Восточносибирского для ветров с $V > 11$ м/с в 2010-2021 гг.:
а) Январь, б) Февраль, в) Март, г) Апрель, д) Май

Тенденции изменения ПСВ на акватории Чукотского для ветров с $V > 11$ м/с показаны на рисунке 8.

Участки акваторий и территорий региона Чукотского моря, на которых средние скорости увеличения ПСВ для ветров с $V > 11$ м/с, в 2010-2021 гг. достигали наибольших значений, соответствовали декабрю, февралю, марту и апрелю. Как видно из сравнения со Сл.7, в указанный период на многих из этих участков также являлись повышенными средние значения ПСВ таких ветров. Поэтому усложнение гидрометеорологических условий в 28 районе акватории СМП, вызванное рассматриваемым процессом, для судоходства в указанном регионе было существенным.

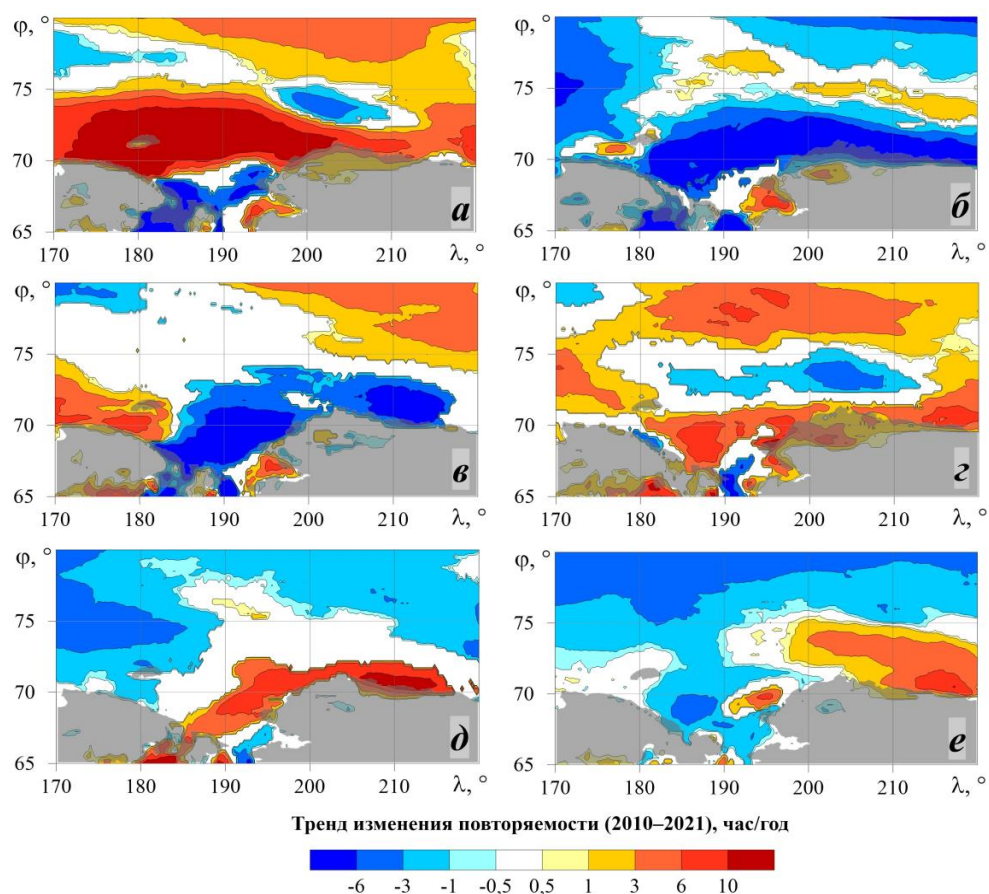


Рисунок 8 – Тенденции изменения ПСВ на акватории Чукотского моря для ветров с $V > 11$ м/с в 2010-2021 гг.:
а) Декабрь, б) Январь, в) Февраль, г) Март, д) Апрель, е) Май

Заключение

Таким образом, установлено, что районы Российской Арктики, где в ближайшие годы вероятность опасного увеличения ПСВ является повышенной, расположены:

- в ее Западном секторе – на акватории Баренцева моря (для месяцев декабрь и январь); на акватории Карского моря в районе полуострова Ямал, а также п.п. Норильск и Дудинка.

- в ее Восточном секторе - на акватории Чукотского моря и Берингова пролива (для месяцев декабрь, февраль, март и апрель); на акватории моря Лаптевых и Восточносибирского моря, в районе Новосибирских островов (для месяцев март и апрель).

Актуальной проблемой в области повышения безопасности судоходства на СМП является развитие в указанных районах систем мониторинга их ветрового режима, а также создание в них комплексных систем обеспечения безопасности навигации.

Библиографический список

1. Моря Российской Арктики в современных климатических условиях / под ред. И.М. Ашика. Изд. ААНИИ. 2021. 360 с.
2. Шаронов А. Ю. Задачи гидрометеорологического обеспечения круглогодичной навигации в Восточно-Сибирском море / А.Ю. Шаронов, В.А. Шматков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 170–182. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-170-182.
3. Цой Л.Г. К оценке риска при плавании судов по Северному морскому пути // Изучение ледовых качеств и обоснование рациональных параметров судов ледового плавания: Сборник трудов. — СПб.: Нестор-История, 2017. — С. 386–400.
4. Salby, Murry L. Fundamentals of Atmospheric Physics / Murry L. Salby. Academic Press. San Diego New York Boston London Sydney Tokyo Toronto 1996.- 661p. ISBN-13:978-0-12-615160-2 ISBN-10:0-12-615160-1
5. Холопцев А.В., Подпорин С.А. Меридиональные составляющие атмосферной циркуляции и ледяной покров Арктики//Метеорология и гидрология. -2021. -№6. С.34-42.
6. Screen J.A., Bracegirdle T.J., Simmonds I. Polar Climate Change as Manifest in Atmospheric Circulation // Curr. Clim. Change Rep. 2018. V. 4. P. 383–395.
7. Мохов И.И. Особенности современных изменений климата в Арктике и их последствий // Проблемы Арктики и Антарктики. 2020; 66(4):446-462. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2020-66-4-446-462>
8. Climate Change: The Physical Science Basis. (2013) <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/lncs>, last accessed 2016/11/21.
9. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. ВМО № 1203. - 2017. – 32с.
10. Hoffmann L., Günther G., Li D., Stein O., et al. From ERA-Interim to ERA5: the Considerable Impact of ECMWF's Next-generation Reanalysis on Lagrangian transport simulations // Atm. Chem. Phys. 2019. Vol. 19. P. 3097–3124.
11. Gascard J.-C. Future sea ice conditions and weather forecasts in the Arctic: Implications for Arctic shipping / J.-C. Gascard, K. Riemann-Campe, R. Gerdes, H. Schyberg, R. Randriamampianina, M. Karcher, J. Zhang, M. Rafizadeh // Ambio. — 2017. — Vol. 46. — Is. 3. — Pp. 355–367. DOI: 10.1007/s13280-017-0951-5.
12. Aksenov Y. On the Future Navigability of Arctic Sea Routes: High-resolution Projections of the Arctic Ocean and Sea Ice / Y. Aksenov, E. E. Popova, A. Yool. A. G. Nurser, T. D. Williams, L. Bertino, J. Bergh // Marine Policy. — 2017. — Vol. 75. — Pp. 300–317. DOI: 10.1016/j.marpol.2015.12.027.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ГРЕБНОГО ВАЛА С УЧЁТОМ ФОРМЫ ИЗНОСА КОРМОВОГО ДЕЙДВУДНОГО ПОДШИПНИКА

Кушнер Гурий Алексеевич

кандидат технических наук, доцент

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Астраханский государственный технический
университет»,*

414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

E-mail: guriy.kushner@mail.ru

DETERMINATION OF THE OSCILLATIONS NATURAL FREQUENCIES OF THE PROPELLER SHAFT TAKEN INTO ACCOUNT THE STERN DEADWOOD BEARING FORM OF WEAR

Kushner Guriy Alexeevich

Candidate of Technical Science, Assistant Professor

Federal State Budgetary Educational

Institution of Higher Education "Astrakhan State Technical University"

Tatishcheva st., 16, Astrakhan, 414056

АННОТАЦИЯ. Определение собственной частоты валопровода при его проектировании является актуальной задачей в судостроении. Существующие методики определения собственных частот не в полной мере учитывают влияние износа дейдвудных подшипников. Цель работы - изучение динамических свойств гребного вала в частотной области, поскольку работа валопровода при резонансе в ряде случаев недопустима. Получение результатов основано на выполнении задач модального анализа в среде Autodesk Fusion360. Полученные результаты позволяют оценить влияние формы износа на собственные частоты и могут быть распространены для более сложных систем.

Ключевые слова: динамика валопровода; собственная частота; модальный анализ; износ дейдвудного подшипника.

ABSTRACT. Determining the natural frequency of the shaft line during its design is an urgent task in shipbuilding. Existing methods for determining natural frequencies do not fully take into account the impact of wear of deadwood bearings. The purpose of the work is to study the dynamic properties of the propeller shaft in the frequency domain, since the operation of the shaft line at resonance is unacceptable. Getting the results is based on performing modal analysis tasks in the Autodesk Fusion 360 environment. The results obtained allow us to evaluate the effect of the wear shape on the natural frequencies and can be extended to more complex systems.

Keywords: shaft line dynamics; natural frequency; modal analysis; wear of the deadwood bearing.

Введение

Параметры работы судового валопровода, как одного из самых ответственных элементов судовой энергетической установки, во многом зависят от характеристик его опор. Особое напряженно-деформированное состояние гребного вала определяется его контактным взаимодействием с дейдвудными подшипниками, которые в процессе эксплуатации изнашиваются неравномерно. Форма износа оказывает непосредственное влияние на распределение нагрузки по поверхности подшипника и формирует условия для определения собственных частот всей системы. В работе поставлена цель изучения динамических свойств гребного вала в частотной области, поскольку работа валопровода в режиме резонанса недопустима. Получение результатов основано на выполнении задач модального анализа в среде Autodesk Fusion 360.

Актуальность поставленной задачи подтверждает существенный объем отечественных и зарубежных исследований, посвященных совершенствованию методик определения собственных частот валопровода и влиянию различных факторов, которые определяют области динамической неустойчивости [1-6]. Наибольший интерес в рамках цели настоящей работы представляют результаты исследований влияния износа подшипников на параметры колебаний, основанных на задании износа полиномом четвертого порядка [7] и смещением опор вследствие износа вкладышей [8].

Однако полученных результатов недостаточно для выполнения задачи модального анализа в системах автоматизированного проектирования, поскольку для этого необходима твердотельная 3-D модель дейдвудного подшипника, имеющего натурную форму износа, то есть находившегося в эксплуатации.

Для получения первичного массива экспериментальных данных, формирующих поверхность износа применено оптическое сканирование в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1.

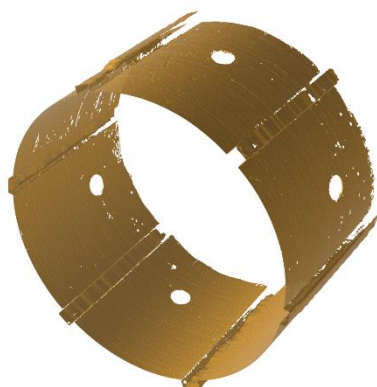
Методика измерений основана на технологии структурированного подсвета. На поворотном столе 1 закреплён капролоновый кормовой дейдвудный подшипник 2. На штативе 3 закреплено светодиодное проецирующее устройство 4, которое формирует поток излучаемого структурированного света, представляющий собой контрастный узор из черных и белых полос. Фиксация изображения осуществляется при помощи камер 5 и 6. Камеры расположены на фиксированном от дейдвудного подшипника расстоянии при помощи опоры 7 и передают изображения в обработку

программного обеспечения на компьютер пользователя, которое по искажениям полос формирует цифровую модель поверхности износа подшипника. Примененная технология позволяет получать высокоточные цифровые модели объектов за счёт синхронной съёмки объекта двумя камерами, измеряющими геометрические размеры поверхностей (рисунки 2, а и 2, б). Полученный массив данных обрабатывается программным обеспечением, что формирует твердотельную модель подшипника, пригодную для проведения модального анализа.



Рисунок 1 – Схема сканирования поверхности износа дейдвудного подшипника

а)



б)

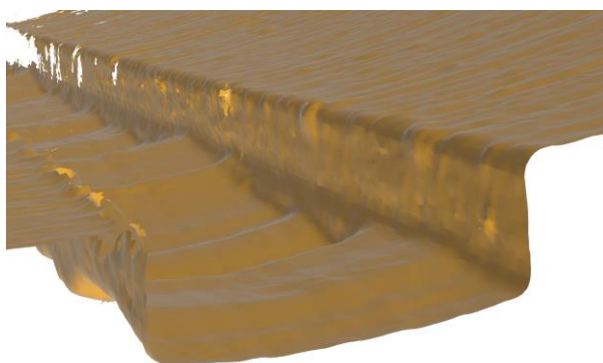


Рисунок 2 – Поверхности, полученные методом 3-D сканирования: а – общий вид поверхности износа со стороны кормовой оконечности; б – поверхность канавки для циркуляции

Определение частот собственных колебаний имеет существенное значение для несущей способности гребного вала при его проектировании. Особое внимание в расчётах уделяется колебаниям, поскольку работа

валопровода в режиме резонанса недопустима. Методика моделирования позволит использовать результаты измерений при проведении модального анализа, под которым понимается задача определения собственных частот и форм собственных колебаний [9,10].

На основе полученных значений координат точек определены собственные частоты колебаний системы вал – подшипники скольжения с зазором с использованием программного комплекса Fusion 360. Расчётная схема гребного вала предусматривает собственную массу вала m_0 , массу на консоли M_0 , моделирующую гребной винт, а также носовой и кормовой дейдвудные подшипники (рисунок 3). Учтены следующие ограничения степеней свободы: подшипники зафиксированы от перемещений по осям и не вращаются, носовая оконечность вала имеет жесткую заделку у фланцевого соединения, взаимное расположение вала и подшипников определено зонами контакта в нижнем положении.

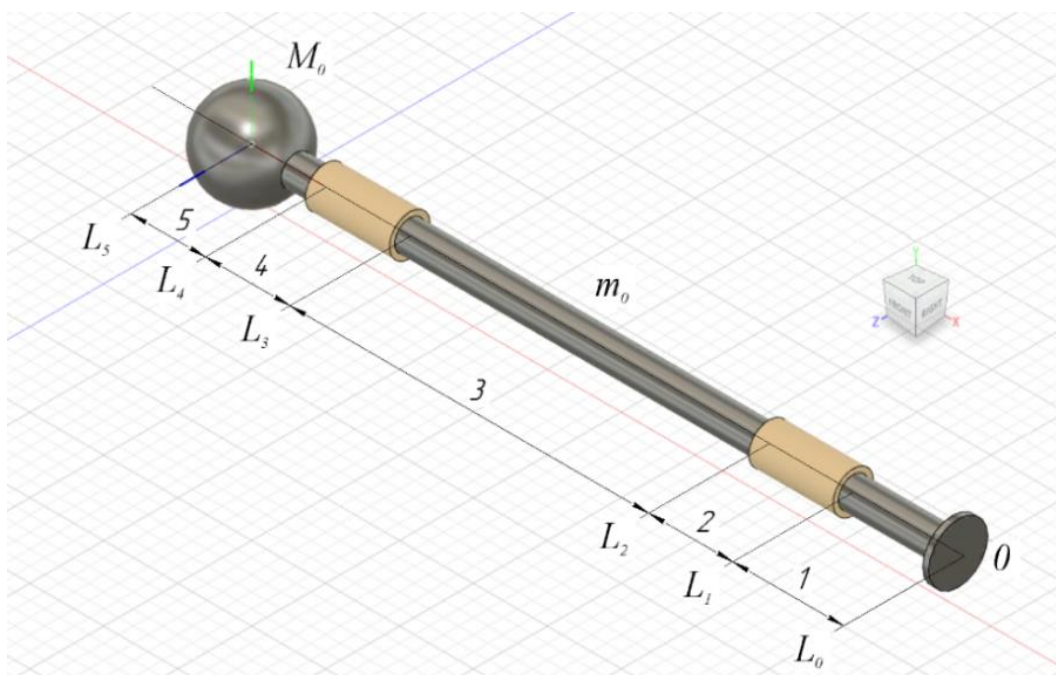


Рисунок 3 – Модель гребного вала на дейдвудных подшипниках

Расчет собственных частот производился при значениях основных параметров для физико-механических характеристик стали 35 и капролона: длина гребного вала $L=2,54$ м; длины участков гребного вала 1 – 0,355 м, 2 – 0,285 м, 3 – 1,215 м, 4 – 0,285 м, 5 – 0,400 м; масса гребного винта $M_0 = 110$ кг; масса гребного вала $m_0 = 160$ кг; диаметр гребного вала $d_b=0,1$ м; модуль Юнга материала вала $E_b=2,06 \cdot 10^{11}$ Па; модуль Юнга материала подшипника $E_{\Pi}=2,79 \cdot 10^9$ Па; коэффициент Пуассона материала подшипника $\mu=0,44$.

Значения собственных частот получены для двух вариантов контактного взаимодействия вала и подшипника. Первый вариант описывает случай, когда

подшипник не изношен и находится в состоянии поставки, соответственно зона контакта определена монтажным зазором. Во втором варианте износ подшипника задан поверхностью, полученной по результатам сканирования.

Результаты модального анализа для первого варианта контакта: 1) $p_1 = 115,9$ Гц; 2) $p_2 = 118,3$ Гц; 3) $p_3 = 232,9$ Гц; 4) $p_4 = 233,1$ Гц; 5) $p_5 = 234,1$ Гц; 6) $p_6 = 609,5$ Гц; 7) $p_7 = 618,4$ Гц; 8) $p_8 = 640,2$ Гц; 9) $p_9 = 1016,0$ Гц; 10) $p_{10} = 1048,5$ Гц; 11) $p_{11} = 1077,0$ Гц; 12) $p_{12} = 1168,0$ Гц.

Результаты модального анализа для второго варианта контакта: 1) $p_1 = 81,5$ Гц; 2) $p_2 = 85,2$ Гц; 3) $p_3 = 204,4$ Гц; 4) $p_4 = 230,9$ Гц; 5) $p_5 = 232,4$ Гц; 6) $p_6 = 577,1$ Гц; 7) $p_7 = 615,7$ Гц; 8) $p_8 = 623,2$ Гц; 9) $p_9 = 773,0$ Гц; 10) $p_{10} = 812,5$ Гц; 11) $p_{11} = 1083,0$ Гц; 12) $p_{12} = 1164,0$ Гц.

В рассмотренном случае учет формы износа натурального подшипника при расчётах собственных частот колебаний оказывает значительное влияние на частоты порядка 1, 2 и 3, соответствующие номинальным частотам вращения 778 об/мин, 813 об/мин, 1915 об/мин, среднее снижение частоты для которых составило 23%. Следует отметить, что при заданных параметрах частоты колебаний высших порядков менее подвержены влиянию износа подшипников.

Библиографический список

1. Миронов А.И. Влияние дейдвудных подшипников на колебания валопроводов судов / А.И. Миронов, Л.М. Денисова // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2004. – №. 1. – С. 125-130.

2. Румб В.К. К вопросу о назначении запретных зон при расчете крутильных колебаний судовых валопроводов / В.К. Румб, М.Ю. Иванов // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2017. – №. 46-47. – С. 78-82.

3. Мамонтов В.А. Экспериментальное исследование поперечных и крутильных колебаний валопроводов буксира типа ОТ-2400 / В.А. Мамонтов, А.Н. Глухов, М.М. Горбачев, Г.А. Кушнер // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2017. – №. 46-47. – С. 86-88.

4. Lei J. Experimental investigation of effects of ship propulsion shafting alignment on shafting whirling and bearing vibrations / Lei, J., Zhou, R., Chen, H., Gao, Y., & Lai, G. // Journal of Marine Science and Technology. – 2022. – Т. 27. – №. 1. – Pp. 151-162.

5. Litwin W. Water-lubricated bearings of ship propeller shafts-problems, experimental tests and theoretical investigations / W.Litwin // Polish Maritime Research. – 2009. – Т. 16. – №. 4 (62). – Pp. 42-50.

6. Leilei C. Optimization of Bearing Displacement in Ship Shafting Alignment Based on Workbench / Leilei, C., Junsong, L., Cunming, L., & Ruiping, Z. // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1939. – №. 1. – Рр. 1-7.

7. Кушнер Г.А. Исследование изменений формы и коэффициента жесткости моделей дейдвудных подшипников из капролона / Г.А. Кушнер, В.А. Мамонтов, А.А. Халявкин // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2015. – №. 6 (34). – С. 151-157.

8. Кукарина А.Ю. О влиянии износов подшипников на прочность валов валопроводов судов / А.Ю. Кукарина, А.И. Миронов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2013. – №. 1. – С. 23-27.

9. Высоковский Д.А. Анализ динамического отклика гребной электроустановки судна ледового класса при экстремальных режимах эксплуатации / Д.А. Высоковский, П.П. Гайджуров, Г.К. Птах // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2019. – №. 3 (203). – С. 21-27.

10. Цысс В.Г. Динамический анализ упругой муфты в составе судового валопровода / В.Г. Цысс, И.М. Строков, М.Ю. Сергаева // Динамика систем, механизмов и машин. – 2016. – Т. 2. – №. 1. – С. 54-61.

СПЕЦИФИКА КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ СЕРОВОДОРОДА

Литвинов Роман Александрович

студент группы К/б-21-1-о

E-mail: pzxcv7770@yandex.ru

Иванова Ольга Александровна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: o.a.ivanova.kmt@mail.ru

Родькина Анна Владимировна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: a.v.rodkina@mail.ru

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33*

THE SPECIFICS OF CORROSION PROCESSES OF HULL STRUCTURES OF MARINE FACILITIES IN THE HYDROGEN SULFIDE ENVIRONMENT

Litvinov Roman Alexandrovich

Student

Ivanova Olga Alexandrovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Rodkina Anna Vladimirovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Federal State Educational Institution

of Higher Education "Sevastopol State University"

Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. В статье проведен анализ залегания сероводорода на дне черного моря, рассмотрено влияния сероводорода на коррозию металлов на разных глубинах. Проведен сбор информации о минимизации разрушительных эффектов на металлические конструкции, на различных глубинах залегания. Влияние сероводорода изучено крайне мало для этого нужно проводить обширные исследования. Предложена специализированная лаборатория для исследования корпусных конструкций на дне Черного моря.

Ключевые слова: Сероводород, слои, разрушительные вещества, металлическая поверхность, коррозия металлов, корпусные конструкции.

ABSTRACT. The article analyzes the occurrence of hydrogen sulfide at the bottom of the Black Sea, examines the effects of hydrogen sulfide on metal corrosion at different depths. Information was collected on minimizing destructive effects on metal structures at various

depths of occurrence. The effect of hydrogen sulfide has been studied extremely little. Extensive research is needed for this. A specialized laboratory has been proposed for the study of hull structures at the bottom of the Black Sea.

Keywords: Hydrogen sulfide, layers, destructive substances, metal surface, corrosion of metals, hull structures.

Черное море является крупнейшим в мире меромиктическим (с несмешиваемых слоями воды) водоемом:

- поверхностный слой - опресненная, богатая кислородом и близкая по температуре воздуха,
- глубинный слой - более соленая и плотная, с постоянной температурой, бескислородная (анаэробная зона).

Слои разделены пограничным слоем воды, расположенным на глубинах от 30 до 100 м. Такая вертикальная стратификация черноморской воды по солености, температуры и плотности препятствует вертикальному перемешиванию моря и обогащению сероводородных глубин кислородом. На глубинах 150–200 метров присутствует слой резкого изменения гидрохимических параметров. В первую очередь, это переход между кислородной и сероводородной зонами [1].

Сероводород (H_2S) является одним из наиболее опасных и разрушительных веществ, которые могут воздействовать на металл. Его влияние на металлические материалы вызывает ряд серьезных проблем и может привести к значительному ухудшению их качества и надежности [1]. Основными причинами влияния сероводорода на металл являются его высокая коррозионная активность и сильная агрессивность. H_2S реагирует с металлом, образуя серу и сульфиды металла, что приводит к образованию пористости, трещин и деформации металлической поверхности. Первоначальное воздействие сероводорода на металлическую поверхность приводит к образованию пузырьков, которые со временем превращаются в трещины. Это может также привести к изменению механических свойств материала, таких как ухудшение прочности и увеличение вязкости. Кроме того, сероводород может вызывать локальную коррозию и деформацию металла, что может привести к разрушению подводных корпусных конструкций морских объектов и систем, включая трубопроводы, резервуары и оборудование [2].

В итоге, влияние сероводорода на металл – это серьезная проблема, требующая внимания и действий со стороны инженеров и специалистов в области металлургии и коррозионной защиты. Понимание причин и последствий этого влияния позволит разработать эффективные меры по защите металлических материалов, обеспечивая их долговечность и надежность в эксплуатации.

Сероводородная коррозия описана в какой-то степени в литературе, но вопрос защиты от этой коррозии и механизм этой защиты практически не встречается. В связи с этим перспективой дальнейших исследований является – создание специализированной лаборатории по исследованию процесса защиты корпусных конструкций для сооружений в Черном море и разработка методик проведения исследований электрохимических характеристик металла в среде сероводорода; электрохимических характеристик ювенильной поверхности металла в среде сероводорода, в том числе при катодной поляризации.

Проведенные исследования помогут определить параметры защиты металла в среде сероводорода. Благодаря чему станет возможным создать условия защиты в среде сероводорода, обеспечить целостность корпусных конструкций морских объектов, что позволит избежать экономического ущерба от преждевременного разрушения морских сооружений, трубопроводов и др.

Библиографический список

1. Герасименко, А.А. Защита от коррозии старения и биоповреждения машин, оборудования и сооружений. Справочник / А.А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1987. – 688 с.
2. Коррозия. Справочник / Под ред. Л.Л. Шраера, перевод В.С. Синявского – М.: Металлургия, 1981. – 632 с.

ТЕНДЕНЦИЯ ПЕРЕХОДА МОРСКИХ СУДОВ НА ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО

Паршин Андрей Анатольевич

курсант

E-mail: andreii.parshin@mail.ru

Научный руководитель: Боков Г.В.

Старший преподаватель кафедры «Судовождение»

Высшее учебное заведение, – филиал ФГБОУ ВО «ГМУ им. адм. Ф.Ф.Ушакова»

TREND IN THE CONVERSION OF CARGO VESSELS TO GAS FUEL

Parshin Andrei

Student

Scientific supervisor: Bokov G.V.

Senior Lecturer at the Department of Navigation

Higher educational institution, Maritime Institute named after. Vice Admiral

V.A. Kornilov – branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of

Higher Education «SMU named after. adm. F.F.Ushakova»

АННОТАЦИЯ. В статье рассматривается использование на морских судах СПГ в виде топлива, а так же перспективы, проблемы и их решения при переходе судов на СПГ топлив.

Ключевые слова: судно, сжиженный природный газ, топливо, энергоустановка, выбросы в атмосферу.

ABSTRACT. The article discusses the use of LNG as fuel on sea vessels, as well as prospects, problems and their solutions when ships switch to LNG fuels.

Keywords: ship, liquefied natural gas, fuel, power plant, atmospheric emissions.

Введение

С 1 января 2020 года новых правил ИМО, обязывающих все суда снизить предел содержания серы в своем топливе с 3,5 % до 0,5 %.

Использование высокосернистых топлив разрешается только судам, имеющим на борту системы очистки выхлопных газов — скрубберы. Владельцы и операторы других судов теперь обязаны использовать только низкосернистые судовые топлива либо их альтернативы. Нарушение правил будет в разной степени караться штрафными санкциями: задержанием судов, а в некоторых юрисдикциях даже тюремным заключением для капитана. Некоторые порты мира ввели жесткие условия для судов (объем серы в топливе не должен превышать 0,5%), использующих традиционное топливо, еще до 1 января 2020 года. Портовые администрации Шанхая и Сингапура ввели такой

запрет в 2019 году. Неудивительно, что в таких условиях СПГ (Сжиженный природный газ) - топливо стало более привлекательным и выгодным. Таким образом целью настоящей работы является исследование рациональности перехода судов на СПГ, рассмотрение причин роста интереса к переходу на СПГ и так же проблемы, препятствующие этому.

Основная часть

Сжиженный природный газ (СПГ, Liquefied natural gas – LNG) как энергоноситель для судов имеет ряд преимуществ, если его сравнивать с другими видами уже применяемого на флоте альтернативного топлива, такого как сжиженный нефтяной газ (Liquefied petroleum gas – LPG), метанол (Methanol), биодизельное топливо (HVO Biofuel, Hydrotreated Vegetable Oil), водород (Hydrogen). СПГ дешевле нефтяного топлива и у него более высокая объемная теплота сгорания. Считается, что природный газ является наиболее надежным и самым чистым заменителем нефтяного топлива на предстоящие многие годы. Морские суда, использующие газ в качестве топлива, получат многие разрешительные преференции – транспортные морские суда не будут иметь ограничения по допуску в морские порты Мирового океана, включившиеся в программу сокращения парниковых выбросов и зоны контроля за выбросами серы в атмосферу (SECA). В настоящее время в мире более 120 судов уже используют сжиженный природный газ в виде топлива, примерно две трети из них задействованы в Европе. Природный газ транспортируется, как правило, в жидком виде. СПГ получают из природного газа путем сжатия с последующим охлаждением. При сжижении природный газ уменьшается в объеме примерно в 600 раз. 1 м³ СПГ – это примерно 600 м³ природного газа после регазификации. Для грузовых судов при расположении на судне не так важен вес топлива, как занимаемый им на судне объем, так как от этого зависит реальная эффективность перевозок.

Согласно анализу потребления и сравнения эффективности различных видов судового топлива на транспортных судах в зависимости от их назначения по данным опубликованным ИМО за последние 3 года. Энергетическая плотность (Относительную плотность по объему получаем, умножая теплоту сгорания вещества на его плотность и деля на теплоту сгорания дизельного топлива и плотность дизельного топлива, то есть за единицу принята плотность энергии дизтоплива) для всех топлив на 40 – 70 % меньше, чем у дизельного топлива, а это значит, что запасы такого топлива на судне должны быть существенно больше. Наименее привлекательными согласно этому показателю оказываются виды топлива, которые совсем не выделяют CO₂ (диоксид углерода) при горении: водород, аммиак. Сравнение выбросов CO₂ при

сжигании различных топлив относительно выделяемой при сгорании тепловой энергии. Наибольшее снижение приходится на СПГ (24 %).[2, стр.34]

Технические причины роста интереса к переводу судовых энергоустановок с жидкого топлива на СПГ:

1. отсутствие необходимости очистки отходящих газов от SO (оксид серы) ввиду полного отсутствия серы в газовом топливе;
2. существенное снижение содержания NO (оксид азота) в отходящих газах ЭУ (вдвое для 4-х тактных дизелей и на 20-25 % для двухтактных). Соответствие отходящих газов требованиям по содержанию NO, отсутствие необходимости размещения на судне реакторов избирательной каталитической реакции и необходимых для их работы химических реагентов.
3. практически полное отсутствие в отходящих газах твёрдых частиц, обусловленное особенностями процесса сгорания газового топлива. Отсутствие необходимости размещения на судне сажеуловителей;
4. снижение примерно на 20 % выбросов CO₂;
5. увеличение моторесурса поршневых двигателей, снижение нагарообразования в них.

Проблемы при переводе судовых энергоустановок с жидкого топлива на СПГ.

Технические:

1. СПГ по сравнению с нефтяным топливом (с учетом плотности и теплотворной способности) требует вдвое больших объемов танков запаса топлива, чем эквивалентные судовые резервуары для дизельного топлива;
2. СПГ хранится при температуре -160°C и давлении до 10 Бар во вкладных танках из специальных материалов, покрытых слоем теплоизоляции толщиной более 0,5 м, требуется организация вторичного барьера, особые меры по контролю газового состава атмосферы и вентиляции. Размещение таких танков на судне вызывает снижение его грузовместимости;
3. Использование СПГ в любом случае существенно усложняет энергоустановку;
4. Специфические механизмы и агрегаты, необходимые для работы энергоустановки на СПГ, не всегда предлагаются в требуемом ассортименте и с должными сертификатами, некоторые из них сейчас производятся исключительно для берегового применения.

Экономические:

1. Перевод судна на СПГ неизбежно ухудшает его эффективность, как транспортного средства (т.к. для размещения системы хранения СПГ приходится выделять объемы в корпусе либо на палубе, которые на судах – аналогах занимает полезная нагрузка).

2. Специфические механизмы и агрегаты, необходимые для работы энергоустановки на СПГ, сейчас, как правило, малосерийные, а потому дороже своих аналогов, используемых на обычных судах.

3. Использование материалов, технологий и норм безопасности, применяемых в криогенной и газовой технике, также существенно удорожает такие механизмы и агрегаты.

4. Требуется более квалифицированный (соответственно высокооплачиваемый) персонал.

Примеры судов, использующих СПГ в качестве топлива.

Круизное судно с силовой установкой на СПГ. Компания Carnival Corporation заказала четыре круизных судна с силовой установкой на СПГ. Круизный лайнер Carnival Cruise Line, названный Mardi Gras (IMO: 9837444).

Паром Ro-Ro с силовой установкой на СПГ. Паром Ro-Ro Searoad Mersey 2 (IMO: 9745794) с силовой установкой на СПГ заказан австралийским судовладельцем SeaRoad и построен на верфи Flensburger-Schiffbau-Gesellschaft (FSG) в Германии в 2016 г.

Судно имеет возможности перевозки разного груза и способно размещать контейнеры, включая рефрижераторные, трейлеры, автомобили и опасные грузы, а также домашний скот.

Вывод. За последние годы существенно снизилось потребление судоходной отраслью тяжелых сортов топлива в пользу легких сортов топлива нефтяного происхождения и сжиженного природного газа. В общем количестве использованного судами топлива СПГ занимает пока весьма скромное место, но имеется тенденция роста его использования. В работе были выделенные проблемы, возникающие при использовании СПГ в качестве топлива.

Список литературы и источников:

1. Сжиженный природный газ: проблемы и перспективы II Всероссийская научно-практическая конференция 08-09 ноября 2022 г./ Москва, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2023. – С. 23-27.

2. Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства, № 70/71, 2023. – 159 с.

3. <https://paluba.media/news/53204> [Электронный ресурс]: Дата обращения: 12.11.2023 г.

4. <https://vestnik.astu.org/ru/nauka/article/45622/view> [Электронный ресурс]: Дата обращения: 10.11.2023 г.

**АЛГОРИТМЫ ПРИ СОЗДАНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
КОТОРЫЕ НУЖНО УЧИТЫВАТЬ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ
СОВРЕМЕННОГО СУДОВОЖДЕНИЯ С МИНИМИЗАЦИЕЙ
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО УЧАСТИЯ И ПОСТЕПЕННЫМ ПЕРЕХОДОМ НА
БЕЗ ЭКИПАЖНЫЙ ФЛОТ**

Борисов Кирилл Игоревич

*Студент кафедры «Судовождение и безопасность судоходства»
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33*

Ходжиев Илья Зафарович

*Студент отделения «Судовождение»
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Севастопольский государственный университет» Морской колледж*

Научный руководитель:

доцент кафедры «Судовождение и безопасность судоходства»

Петрушечкин Андрей Юрьевич

**ALGORITHMS FOR THE CREATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE
THAT NEED TO BE TAKEN INTO ACCOUNT IN SOLVING THE PROBLEMS
OF MODERN NAVIGATION WITH THE MINIMIZATION OF HUMAN
PARTICIPATION AND THE GRADUAL TRANSITION TO A CREW-
LESS FLEET**

Borisov Kirill Igorevich

*Student of the Department of Navigation and Safety of Navigation
Federal State Educational Institution
of Higher Education "Sevastopol State University"
Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053*

Khodzhiev Ilya Zafarovich

*Student of the Navigation Department
Federal State Educational Institution
of Higher Education "Sevastopol State University" Maritime College*

Scientific supervisor:

*Associate professor of the Department "Navigation and Safety of Navigation"
Petrushechkin Andrey Yuryevich*

АННОТАЦИЯ. Статья раскрывает современное видение решения сложных задач для контроля и безопасного расхождения судов при создании и внедрении Искусственного интеллекта в современном судостроении. Она содержит краткий анализ сведений тактико-эксплуатационных характеристик для безопасной эксплуатации судов для

предотвращения в открытом море и в условия прибрежного плавания . Статья соответствует требованиям ИМО, Правил МППСС72/78, ISM code и правил НШС. В статье обоснованно развитие современного судостроения. Работа предназначена в первую очередь для инженеров и конструкторов судостроительной отрасли и может быть использована студентами морских учебных заведений и студентами факультета судостроение.

Ключевые слова: ISM code, IMO, Artificial Intelligence, IPPCC72/78 Rules

ABSTRACT. The article reveals the modern vision of solving complex problems for the control and safe divergence of ships in the creation and implementation of Artificial intelligence in modern shipbuilding. It contains a brief analysis of the tactical and operational characteristics for the safe operation of vessels for prevention on the high seas and in coastal navigation conditions. The article complies with the requirements of IMO, IPPCC72/78 Rules, ISM code and NGS rules. The article justifies the development of modern shipbuilding. The work is intended primarily for engineers and designers of the shipbuilding industry and can be used by students of maritime educational institutions and students of the shipbuilding faculty.

Keywords: ISM code, IMO, Artificial Intelligence, IPPCC72/78 Rules.

В наступающем пост глобальном мире, морские перевозки остаются актуальными и только лишь увеличивается их объём. Количество судов ежегодно увеличивается и с каждым годом мировому торговому флоту требуется огромное количество квалифицированных специалистов в области безопасной эксплуатации судов. Хочется отметить, что стране не обойтись без разработок и постепенного внедрения Искусственного интеллекта. И здесь следует отметить, что разработки в этой области ведутся не только иностранными компаниями в области судостроения но и институтами РФ в области автоматизации. Хороших результатов в области внедрения на флот ИИ добилась судостроительная компания Hyundai Heavy Industries с Южной Кореи. Первое в мире судно, оснащенное "инженером искусственного интеллекта" построила и испытала HD Korea Shipbuilding & Offshore Engineering, дочерняя компания HD Hyundai. Это судно - сухогруз водоизмещением 180 тыс. тонн, он работает на сжиженном природном газе, также оборудован системой автоматизации на основе искусственного интеллекта для H-LINE Shipping. ИИ может обнаруживать и предотвращать потенциальные неисправности во время рейса, обеспечивая максимально возможное безаварийную эксплуатацию. HiCAMS, используя круговое видеонаблюдение, позволяет ИИ обнаруживать объекты и анализировать ситуационные события, связанные с безопасностью судовождения, в режиме реального времени, выполняя жизненно важную роль в обеспечении безопасности судна и его экипажа. Дочерняя компания HD Korea Shipbuilding & Offshore Engineering - компания Avikus в июне 2022 года, , стала первой в мире, успешно пересекшей океан на корабле, оснащённом современной автономной навигационной системой судовождения. Коммерческая составляющая этого решения по автоматизации морских надводных судов, морской флот стал на шаг ближе к эпохе "без экипажных судов", когда длительные переходы можно будет совершать без судоводителей,

инженеров механиков и палубной команды. Проблема заключается в том, что в условиях плавания открытого моря (океанских переходов судов) алгоритмы безопасного управления судном (HiCAMS) еще будут работать, потому что нет активного трафика судов прибрежного плавания. В этой статье мы попробуем разобрать основные проблемы управления судном в условиях прибрежного плавания и задать алгоритмы создания искусственного интеллекта для безопасной эксплуатации судов с минимизацией человеческого участия. Думаю, в современных реалиях, это поможет при разработке и адаптации современных систем автоматизации при постройке современных судов для безопасного эксплуатирования и обслуживания их. Поэтому исследования и рекомендации, сделанные в этой работе, окажутся практически полезными не только для уже работающих судоводителей, но и для студентов средних и высших морских учебных заведений в области эксплуатации и судостроения.



Цель исследования. Целью исследования является изучение и усовершенствование алгоритмов контроля параметров управления судна с помощью искусственного интеллекта. Помочь программистам и разработчикам алгоритмов искусственного интеллекта в области управления судном практическими рекомендациями для решения задачи оптимизации программы безопасного управления судном в условиях прибрежного плавания и активного трафика движения судов.

Материалы и методы исследования. Чтобы определить возможность возникновения опасного сближения и столкновения судов, а также учета навигационных опасностей особенно в условиях прибрежного плавания и активного трафика нужно учитывать основные вводные параметров технических характеристик судна, навигационных опасностей, а также приходится сталкиваться с проблемой постоянного контроля не стандартной (абнормальной) навигационной обстановки особенно в прибрежном плавании в районах плавания развивающихся стран, а также в морях омывающих побережье стран с большим населением (Юго-Восточная Азия: Китай.

Индонезия, Индия и т.д., а также побережье Африки и Южной Америки) Одна из самых больших трудностей интеграции интеллектуальных систем на МАНС является то, что суда должны взаимодействовать с текущими стандартами и правилами, применяемых повсеместно. Необходимость правового регулирования в настоящее время отмечена ИМО. На 103-й сессии комитета по безопасности на море Международной морской организации (ИМО), центральным вопросом встречи стало обсуждение необходимости внесения изменений в конвенции и кодексы ИМО для обеспечения возможности использования морских автономных надводных судов (МАНС). С одной стороны, к МАНС должны быть применены основные международные морские конвенции: МППСС-72, СОЛАС-74, ПДНВ-78; а с другой – обеспечиваться постепенный процесс внедрения новых технологий с целью изменения набора задач и обязанностей экипажа судна. Рабочая группа ИМО просто определила четыре «степени автономии» для облегчения своей работы. Четыре степени автономии:

1. Системы базовой автоматизации с поддержкой принятия решений;
2. Дистанционно управляемое судно с экипажем на борту.
3. Дистанционно управляемое судно без экипажа на борту.
4. Полностью автономное судно.

Так как суда строятся с учетом автоматизации, отрасли морского регулирования и страхования то при постройке нужно учитывать и адаптировать эти составляющие. Международный поставщик страховых услуг Lloyd's Register одним из первых разработал и возглавил стандарты для беспилотных судов с «Кодексом для беспилотных и автономных морских судов», составленным с целью установления минимальных стандартов и ожиданий. И что самое важное, что при принятии новых стандартов, рынок может столкнуться риском кадрового дефицита, поскольку не все судоводители будут обладать необходимыми компетенциями для работы с МАНС, потому что не будут иметь реального опыта эксплуатации судов. В дальнейшем рассматривая учет этих параметров при разработке алгоритмов ИИ в управлении судном мы должны учитывать:

Так как позиционирование судна будет иметь решающее значение для морских и речных районов плавания, в отсутствие экипажа на борту автономно-управляемого судна могут нуждаться в альтернативных методах позиционирования, к примеру – в случае утери связи с глобальными навигационными системами (GPS, Глонас, китайской системе позиционирования Бэйдоу) потому что местоположение судна является критичным для безопасной эксплуатации. Это создает особые трудности при реализации для автономных судов. Ну и также нужно учитывать районы прибрежного плавания развивающихся стран, где в прибрежной зоне работает

огромное количество рыболовных судов, зачастую с не компетентным навигационным персоналом.

Надежность датчиков также должна быть сохранена во время навигации судна. В связи с этим, считается целесообразным проведение тщательной проверки морских автономных надводных судов (МАНС) во время их стоянки в порту, а также дублирование всех важных агрегатов и систем судна, поскольку в случае аварии судно не будет иметь на борту экипаж для обеспечения ремонта во время рейса. Поэтому, надежность всех компонентов должна обеспечиваться на протяжении всего срока службы судна и подвергаться, как локальным самотестированиям, так и периодическим проверкам с участием квалифицированного и сертифицированного персонала.

Ситуационная осведомленность в районе плавания потребует, чтобы все обнаруженные объекты или условия, а также любые изменения в эксплуатации судна должны быть классифицированы с целью оценки и прогнозирования текущей навигационной обстановки. Таким образом, вся информация должна собираться и использоваться для анализа состояния корабля в любой момент времени при выполнении им рейсового задания. Кроме того, информация должна быть доставлена максимально быстро и надежно в центр управления судов МАНС, в целях обеспечения удаленной коррекции и контроля за ситуацией оператором МАНС, что позволит последнему давать корректные указания судну для своевременного решения задач по безопасной эксплуатации судна.

Обеспечение безопасной и эффективной навигации при волнении моря – одна из важнейших задач экипажа судна. Ежегодно сотни морских судов терпят аварии из-за штормовых условий. Многие эксперты в области навигации свидетельствуют, что к числу основных причин аварий судов относятся неправильные решения судоводителей при управлении судном в сложных гидрометеорологических условиях и не знание ими мореходных качеств своего судна.

Анализируя эти вводные, мы имеем: во-первых, с одной стороны, если корабль имеет автономную систему навигации, она (в теории) сможет надежно контролировать корабль, когда связь с оператором недоступна. Во-вторых, с другой стороны, если судно будет иметь только автономную навигационную систему, надежность будет зависеть от способности алгоритмов производить анализ состояния и планирование действий, чтобы принимать правильные решения для любых сценариев и в любых условиях. Однако дистанционное управление особенно уязвимо к задержкам в канале связи и потере подключения, что в дальнейшем может стать причиной аварии. Таким образом, для функции дистанционного управления, человеческая ошибка будет способствовать возникновению несчастных случаев, но также и являться

фактором предупреждения аварий на судах. Эти условия накладывают определенные требования о связи между судном и удаленным центром управления, и на квалификацию удаленного оператора. Однако для удаленного управления и обслуживания следует решить ряд задач. Первая задача – обозначить необходимые компетенции операторов МАНС, поскольку на начальных этапах внедрения МАНС не все операторы могут иметь практический опыт в управлении судном и в будущем с внедрением ИИ в навигационные процессы — это будет актуально. Исследования показали, что участники с навигационным опытом действовали более безопасно и эффективно, при маневрах с другими кораблями вокруг. Также опытные штурмана более правильно учитывают характеристики маневрирования и более внимательно наблюдают за реакцией судна на маневр. Таким образом, для решения вопроса о компетенциях будущих операторов МАНС, практические навыки управления судном будут иметь решающее значение для обеспечения безопасного и эффективного судоходства.

Вторая задача – разрешить любые потенциальные конфликты между автономными и обычными судами, когда они работают в общих морских районах и особенно в прибрежном плавании. Последнее также требует согласования стандартов обмена данными для облегчения безопасного плавания судна, когда два разных типа судов работают в одном районе – особенно с интенсивным судоходством.

Таким образом, для повышения эффективности перевозок судами МАНС, предлагается создание единой управляющей сети с применением технологий ИИ, наследуя общие потоки данных для всех узлов ИИ под эгидой ИМО. И распространением на весь мировой морской флот, включая и военные суда. Однако ИИ в его нынешнем виде не является полностью самодостаточным. Современные системы на основе технологий ИИ имеют узкую направленность и неприменимы в сложных ситуациях. В связи с этим, на начальных этапах внедрения систем на основе ИИ отмечается острая необходимость в тестировании управления судном при поддержке удаленного оператора МАНС. Учитывая большой объем данных, обрабатываемых системами искусственного интеллекта, любая ошибка в системе МАНС будет сопряжена с рисками некорректной работы, что в худшем случае может привести к столкновению судов так и привести к аварии на самом судне. Как и в случае с любым компьютерным программным обеспечением, система также может столкнуться с угрозами компьютерной безопасности и перехватом в управлении судном мошенниками.

В исследованиях, проводимых учеными и специалистами в области морских перевозок и отмеченными на 12-ой Международной технологической конференции в Валенсии в 2018 г., отмечалось, что потенциальный конфликт

будет существовать, когда автономные и обычные суда будут работать в общих морских районах. Также была обоснована необходимость работы капитанов судов совместно с компьютерными экспертами в автономном береговом центре управления судном для обеспечения безопасного и эффективного морского судоходства. Таким образом, в режим работы ИИ требуется внести порядок работы с каждым, из возможных судов, работающих в конкретном водном пространстве. В этом случае можно предложить следующее разделение по степени автоматизации и возможности взаимодействия: 1. Автономные суда – участники сети. Сеть ИИ осуществляет прямое управление данными судами. 2. Операторы сети. Предоставляют сети данные с МАНС, необходимые для работы, а также прямые команды, при необходимости. 3. Автономные суда/суда с дистанционным управлением без возможности радио-взаимодействия. Сеть будет учитывать текущий маршрут данных участников движения, и подстраиваться под их движение. 4. Неавтономные суда/суда с дистанционным управлением, а также обслуживаемые объекты инфраструктуры, которые поддерживают стандартное радио-взаимодействие с экипажем или оператором судна. Судно сети будет самостоятельно предоставлять данные о своем курсе и ближайших маневрах, а также предлагать возможные варианты расхождения для капитанов и операторов других судов. 5. В случае потери связи судна управление будет осуществляться локальным ИИ-агентом до повторного подключения или до прибытия в точку назначения, в случае полного отказа системы связи.

Архитектура алгоритмов ИИ подобной системы в обязательном порядке должна включать:

а) Локальную систему принятия решений с применением технологий ИИ
б) Автономную навигационную систему (АНС), в составе которой находятся
в) Модуль интеграции навигационной информации (Глонавс, радар/лидар, средства визуальной навигации, средства подводной навигации)
г) Модуль автоматического расхождения и маневрирования
д) Модуль удаленного управления
е) Модуль оценки мореходных качеств судна
ж) Систему координированного управления движением
з) Обзорно-поисковую систему, предназначенную в т.ч. для автоматического обнаружения и распознавания объектов с применением технологий машинного зрения
и) Системы самодиагностики с доступом к судовым системам и агрегатам
к) Терминал дистанционного управления, включая интерфейсы ко всем системам и джойстиковую систему управления, а также подсистему связи
л) Систему связи узла с центром дистанционного управления
м) Интерфейсы к существующим конвенционным системам на борту судов.

Одним из условий безопасной и эффективной перевозки грузов морским транспортом является хорошая мореходность судов. Т. е. мореходность – это комплекс свойств, обеспечивающих судну выполнение своего назначения в заданных гидрометеорологических условиях, которые в морских условиях быстро изменяются. На сегодняшний день очевидно, что чем раньше и надежнее можно предсказать поведение судна в ожидаемых погодных условиях, тем эффективнее можно осуществлять безопасную эксплуатацию судна. Для определения алгоритмов в разработке ИИ достаточно полный для принятия обоснованных решений контроль мореходности судна в процессе перехода судна включает такие операции:

1.измерение параметров, характеризующих состояние судна и внешней среды;
2.расчет параметров мореходности по данным о ветре и волнении;
3.оценку мореходности;
4.вычисление элементов волнения по данным качки;
5.определение областей допустимых режимов движения;
6.нахождение оптимального режима движения;
7.расчет требуемого балластного состояния судна;
8.прогноз мореходности судна на ожидаемые условия плавания и ряд других.

Анализируя методику контроля мореходности, отметим следующие ее недостатки, на которые тоже следует обратить внимание при разработке алгоритмов ИИ:

1.необходимость затрат времени судоводителя на измерения и расчеты;
2.большие интервалы времени между наблюдениями, невозможность измерений параметров волнения в ночных условиях;
3. оценка неполного вектора мореходности;
4.большие погрешности измерений, расчетов, субъективных оценок;
5. значительная роль субъективного фактора как источника возможных ошибок, невозможность на основе опыта идентифицировать ряд неблагоприятных для судна ситуаций и получать количественные оценки;
6. необходимость формирования решений на основе недостаточно полной и точной информации. Отмеченные недостатки традиционной методики составляют одну из причин неэффективности принимаемых решений по управлению судном в штормовых условиях.

Уже созданы устройства для измерения параметров волнения, слеминга, заливаемости главной палубы, крышек трюмов и надстройки, движения корпуса на качке, напряжений элементов корпуса и т.д. Бортовая автоматическая система контроля мореходности (АСКМ) представляет собой информационную систему, которая получает, хранит, обрабатывает информацию, необходимую для оценки, прогноза и оптимизации мореходности судна, и отображает результаты обработки в виде, облегчающем принятие

решений ИИ по обеспечению безопасности судна и груза. Параметры волнения в этих системах рассчитываются с помощью компьютера по данным о качке или извлекаются из информации РЛС. Главная идея управления и контроля мореходности судна в управляющей системе состоит в мониторинге характеризующих ее параметров, в сравнении их значений с допустимыми границами, в предупреждении состояний, когда текущие значения параметров мореходности приближаются к операционным ограничениям или превышают их.

Необходимо также отметить новые возможности оперирования с гидрометеорологической информацией. В настоящее время от служб данные могут поступать в управляющую сеть и использоваться при расчетах мореходности и повышению осведомленности, как ИИ так и удаленного оператора МАНС. Несмотря на гибкость общего права и позицию гарантии мореходных качеств, понятие самоопределяющейся мореходности будет всеобъемлющим только на последнем этапе полной интеграции и принятия в морской отрасли ИИ, если требования мореходных качеств и его рамки будут соблюдены. без изменений. Это происходит из-за непредсказуемости участия человека и природных сил, поскольку для того, чтобы судно было разумно интегрировано в морских условиях, оно должно быть способно, противостоять обычным опасностям на море. Для этого нужен грамотный капитан и экипаж, которые обеспечивают навигацию. Для такого эквивалента, соответствующего человеческим возможностям, потребуется высокоразвитая система с постоянной связью, обнаружением морских объектов и прогнозированием погоды на основе объединённых данных о погоде, текущей навигационной обстановке и техническом состоянии, и возможностях судна. В ближайшем будущем, автономный флот, связанный интеллектуальной сетью, получает ряд преимуществ, в частности:

а) Самостоятельная разработка оптимальных маршрутов в условиях взаимодействия с внешними судами. Это позволит разгрузить операторов высоконагруженных акваторий портов, позволяя сосредоточиться на береговых операциях
б) Оперативное реагирование на изменение внешних параметров (таких, как метео- и гидроусловия). Это также позволит оперативно вносить изменения в маршруты судов при неблагоприятной обстановке, а также оперативно вносить изменения в навигационные данные и карты, в т.ч. карты морского дна
в) Самостоятельная работа судна на сложных участках своего маршрута.
г) Повышение производительности труда операторов автономного судоходства, за счет увеличения числа одновременно обслуживаемых судов
д) Повышение навигационной безопасности судна за счет уменьшения

Автономность в навигации судов означает, что принятие решений человеком на борту заменяется ИТ-решениями. Чем более автономна функция, тем больше отход от традиционных методов навигации, и неизбежно начинают всплывать юридические вопросы. Например, правила предотвращения столкновений МППСС 72/78 предполагают, что человек находится в цикле принятия решений, поскольку они ссылаются на уровень компетенций лиц, отвечающих за навигацию, и указывают, что принятие навигационных решений не должно отклоняться от традиционных морских обычаев. В этом контексте, в переходный период периодически необитаемый мостик имеет ряд юридических преимуществ от своего полностью беспилотного аналога. Присутствие на борту компетентного штурманского и машинного персонала предполагает избежать некоторых юридических проблем, связанных с полностью беспилотным контролем, поскольку на борту будут люди, которые будут выполнять функции, которые де-юре требуют физического присутствия.

Выводы. Несмотря на то, что разработка автономных судов сопряжена со значительными сложностями, как в навигации, так и адаптацией судов к гидрометеорологическим условиям, преимущества эксплуатации судов с ИИ без людей на борту ясно дают понять, что морская отрасль будет двигаться вперед с развитием в направлении внедрения ИИ. Пока робко, но уже сегодня роль человека в управлении судном меняется от непосредственного управления к операциям по мониторингу и обслуживанию. В краткосрочной перспективе отмечается реальная возможность автоматизировать некоторые из наиболее опасных работ на борту и снизить нагрузку на экипаж за счет внедрения интеллектуальных систем. Хотя международное регулирование в современных условиях не может способствовать полной автоматизации мореходных качеств судна, это не значит, что идея полного контроля и управления мореходных качеств современных судов нереалистична в будущем. Технологическая революция в морском транспорте только начинается, и массовое внедрение автономных судов прогнозируется к 2050 году. Для РФ, чтобы добиться успеха в следующей промышленной революции, крайне важно, чтобы экипажи судов, как на суше, так и на море, не только сохраняли свои лучшие морские навыки, но и постоянно развивали новые научные разработки в области автоматизации морских навигационных процессов, которые позволят им использовать постоянно расширяющийся спектр технологий, чтобы сделать суда более безопасными и эффективными. Очевидно, что для повышения конкурентоспособности в будущем, учебные заведения должны тесно сотрудничать с судостроителями, ведущими институтами в области технологий автоматизации судовождения, а также обеспечивать возможность постоянного

профессионального развития как для студентов и курсантов, так и для преподавателей.

Библиографический список

1. Логистические аспекты функционирования транспорта [Электронный ресурс] // URL: https://www.cfin.ru/management/manufact/transport_log_3.shtml.
2. Положения по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС) // Российский морской регистр судоходства – Санкт-Петербург, 2020.
3. Фролов В.Н., Севбо В.Ю., Ануфриев И.Е. Технологии безэкипажного судовождения Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2018. №4 (77).
4. SeaNews: Росморпорт начал испытания безэкипажного судовождения [Электронный ресурс] // URL: <https://seanews.ru/2020/11/16/ru-rosmorport-nachal-ispytaniya-bezjekipazhnogo-sudovozhdenija/>.
5. Portnews: МГУ им. адм. Невельского и СахГУ будут готовить специалистов в сфере автономного судовождения [Электронный ресурс] // URL: <https://portnews.ru/news/306543/>.
6. Alop, A. Smart Shipping Needs Smart Maritime Education and Training. // The 1st International Conference on Maritime Education and Development (131–142).
7. DNV: Paper on Autonomous ships [Электронный ресурс] // URL: http://research.dnv.com/skj/Papers/P154-DNV_GL_PosPapAutonomous_ships_2018-08_L05.pdf.
8. Yoshida, M., Shimizu, E., Sugomori, M. and Umeda, A., - Regulatory Requirements on the Competence of Remote Operator in Maritime Autonomous Surface Ship: Situation // Applied Sciences 2020. N10(8751).
9. Baldauf, M., Kitada, M., Ali Mehdi, R. and Dimitrios, D., (2018). 'E-Navigation, Digitalization and Unmanned Ships: Challenges for Future Maritime Education and Training' // Proceedings of the 12th International Technology, Education and Development Conference – Valencia, 2018.
10. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. // ФЕНИКС - Одесса, 2005. – 272 с.

**ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОЗВЕННЫХ СИСТЕМЫ ПОГРУЗКИ И
ВЫГРУЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ НА
СУДНЕ**

Симененко София Андреевна

аспирант 2 курса

E-mail: SASimenenko@sevsu.ru

Никитин Евгений Васильевич

доктор технических наук, профессор

E-mail: yvnik76@yandex.ru

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33*

**JUSTIFICATION OF THE RELEVANCE OF THE PROBLEM OF ENSUR-
ING STABILITY OF MULTI-LINK SYSTEMS FOR LOADING AND UN-
LOADING LARGE-SIZED AND HEAVY-LIFT CARGOES ON A SHIP**

Simenenko Sofia Andreevna

2nd year postgraduate student

Nikitin Evgeny Vasilyevich

Doctor of Technical Sciences, Professor

of Higher Education «Sevastopol State University»

Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. Состояние технических средств, обеспечивающих погрузку и выгрузку груза на судах, оказывает прямое влияние на безопасность проводимых в морских условиях грузовых операций и человека в целом. Риск для жизни может быть вызван различными обстоятельствами, но в особенности – ошибками в обеспечении устойчивости многозвенных систем погрузки / выгрузки крупногабаритного и тяжеловесного груза, отличающимися от однозвенных систем сложностью конструкции.

Ключевые слова: остойчивость судна, система подвешивания, центр тяжести, устойчивость, крупногабаритный и тяжеловесный груз.

ABSTRACT. The safety of a human life at sea depends on a condition of the whole complex of technical measures, which provide transportation cargo, and fulfilling of various works whilst at sea. The risk for human's life may be caused by different circumstances, especially miscarriage of stability of a two-link cargo suspension arrangement for large-scale and heavy-lift cargo operation, differing in the complexity of design.

Keywords: ship's stability; suspension arrangement, center of gravity; stability; large-scale and heavy-lift cargo.

В настоящее время существенно возросло число морских перевозок на судах, используемых для транспортировки тяжелых негабаритных грузов. На таких судах операции по погрузке или выгрузке крупногабаритных и тяжеловесных грузов (далее – КТГ) осуществляются с применением собственных подъемных устройств, к которым перевозимый груз крепится посредством многозвенных (комплексных) систем подвешивания [1]. Грузовые операции представляют собой сложный и опасный процесс, поскольку они являются причиной повреждения береговых сооружений, целостности груза и корпуса судна в целом, а также оказывают существенное влияние на изменение остойчивости судна и способствуют возможному его опрокидыванию. Важной научно-практической задачей при решении данной проблемы является контроль параметров остойчивости судна.

Система остойчивости судна включает в себя взаимосвязанные элементы: природные условия, судно, груз и грузовые операции. Осуществление операций погрузки / выгрузки КТГ регламентируются Правилами безопасности морской перевозки грузов, но проблема определения оптимального положения центра тяжести массивных объектов сложной формы, при котором минимизируется возможность опрокидывания судна, до сих пор остаётся открытой.

Под КТГ подразумевается такой груз, параметры и масса которого превышают предельные габаритные размеры загрузочных люков или грузовых отсеков. Для данного типа груза требуется использование на судне специального погрузочно-разгрузочного оборудования – традиционных однозвенных систем подвешивания (далее – СП), в которых перемещаемый груз крепится напрямую к гаку подъемного устройства с помощью гибких строп. На судах также используются двухзвенные (многозвенные) СП, в которых груз соединяется с грузовым гаком подъемного крана через промежуточные погрузочные элементы, представляющие собой погрузочную платформу, которая крепится к траверсе с помощью гибких строп, и траверсу, присоединенную стропами к точке подвеса. Схема многозвенной СП приведена на рисунке 1.

Опыт эксплуатации систем подвешивания при проведении грузовых операций на судах показывает, что в случае внезапного усиления ветра или волнения многозвенные системы теряют свою устойчивость, поскольку существует возможность отклонения первичного и вторичного подвесов от положения равновесия независимо от другого подвеса, тем самым усиливается неустойчивость системы подвешивания в целом [4]. Проблема усугубляется

тем, что у многозвенных СП стропы вторичного подвеса могут располагаться параллельно друг к другу, расходиться в стороны или сходиться вместе к погрузочной платформе, следовательно, меняется положение центра тяжести груза на платформе. А в момент подвешивания крупногабаритного груза посредством использования систем подвешивания необходимо учитывать факт, что остойчивость судна резко уменьшается, поскольку метацентрическая судна не учитывает наличие на борту незакреплённых грузов [2]. Следовательно, решение указанных проблем на данный момент требует внедрения на судах более совершенных методик оценки и расчета устойчивости многозвенных систем подвешивания КТГ.

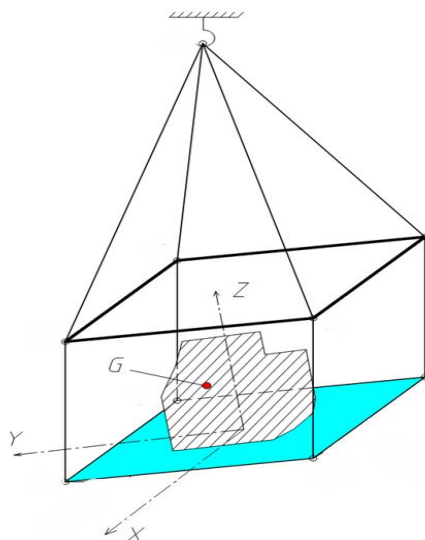


Рисунок 1 – Схема многозвенной системы подвешивания

Библиографический список

1. Никитин, Е.В. Обеспечение остойчивости и безопасности на кораблях и судах при перегрузке крупногабаритных и тяжеловесных грузов: монография/ Е.В. Никитин// Севастополь: ЧВВМУ имени П.С. Нахимова, 2018. – 171 с.
2. Никитин, Е.В. Оценка посадки и остойчивости судна в условиях эксплуатации: учеб. пособие / Е.В. Никитин. – Севастополь: АВМС им. П.С.Нахимова, 2011. – 320 с.
3. Никитин, Е.В. Устойчивость двухзвенной системы подвешивания с непараллельными и эластичными стропами для погрузки/ выгрузки на судно крупногабаритного и тяжеловесного груза/ Е.В. Никитин, С.А. Подпорин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2019. – Т. II. – № 1. – С. 43-56.
4. Никитин, Е.В. Устойчивость двухзвенной системы подвешивания груза с параллельными стропами вторичного подвеса / Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2017. – Т. I9. – № 6. – С.1197-1208.

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ТРЮМНЫХ ВОД

Тверская Светлана Евгеньевна
кандидат технических наук, доцент

E-mail: svettverskaya@mail.ru

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33*

INCREASING THE SERVICE LIFE OF THE CLEANING INSTALLATION OIL-CONTAINING BILGE WATERS

Tverskaya Svetlana
Candidate of Technical Science, Assistant Professor
Federal State Educational Institution
of Higher Education «Sevastopol State University»
Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. С целью повышения очистной способности и ресурса работы установки очистки судовых трюмных вод в работе предложено использование дополнительного фильтра, преимуществом которого является возможность регенерации (восстановление очистной способности) без его разборки. В результате модернизированная установка будет иметь высокую очистную способность и продолжительный ресурс, что соответствует требованиям Международной морской организации ИМО.

Ключевые слова: нефтесодержащие воды; очистка; ресурс работы; фильтр.

ABSTRACT. In order to increase the purification capacity and service life of a ship bilge waters treatment plant, the work proposes the use of an additional filter, the advantage of which is the possibility of regeneration (restoration of purification capacity) without disassembling it. As a result, the modernized installation will have cleaning capacity and a long service life, which meets the requirements of the International Maritime Organization IMO.

Keywords: oil-containing waters; cleaning; service life; filter.

Введение

При эксплуатации судовой энергетической установки в машинно-котельных отделениях судна образуются нефтесодержащие воды (НСВ) (вода с любым содержанием нефтепродуктов), которые собираются в трюмных колодцах. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов MARPOL-73/78 разрешает сброс очищенных трюмных НСВ при концентрации нефтепродуктов в воде менее 15 частей на миллион (15 млн⁻¹) [1].

С этой целью суда, задействованные в Международных рейсах, оборудуются установкой для очистки НСВ. Эти установки имеют самые разнообразные конструкции. В самом общем случае в их состав входят сборные танки, насосы для перекачки НСВ, сепаратор, фильтры различной конструкции и приборы концентрации нефтепродуктов (или сигнализаторы предельного содержания нефтепродукта в сбросе) с электромагнитным клапаном, автоматически переключающим сброс НСВ в сборный танк при недостаточной степени очистки.

Помимо требуемой очистной способности установки по очистке НСВ должны обладать большим ресурсом работы до замены фильтров (не менее 200÷300 часов). В противном случае необходима частая замена фильтров, а, следовательно, наличие большого количества их на судне, что существенно увеличивает расходы на содержание установки (стоимость одного фильтра составляет порядка 1500÷3000 долларов США) и усложняет ее обслуживание. Эксплуатируемые в настоящее время отечественные и зарубежные установки для очистки НСВ не вполне отвечают данному требованию.

Поэтому является актуальным и своевременным проведение исследований в области совершенствования установок для очистки НСВ, имеющих высокую очистную способность, большой ресурс работы и обладающих простотой конструкции и эксплуатации.

Анализ последних исследований показал, что наиболее перспективными, удовлетворяющими вышеуказанным требованиям, являются коалесцентные фильтры при условии их регенерации (очистки) без разборки [2].

Задачей исследования является повышения ресурса работы установки очистки НСВ путем совершенствования ее конструкции.

Исследования представлены на примере установки для очистки НСВ SKIT/S-DEB RWO (Германия).

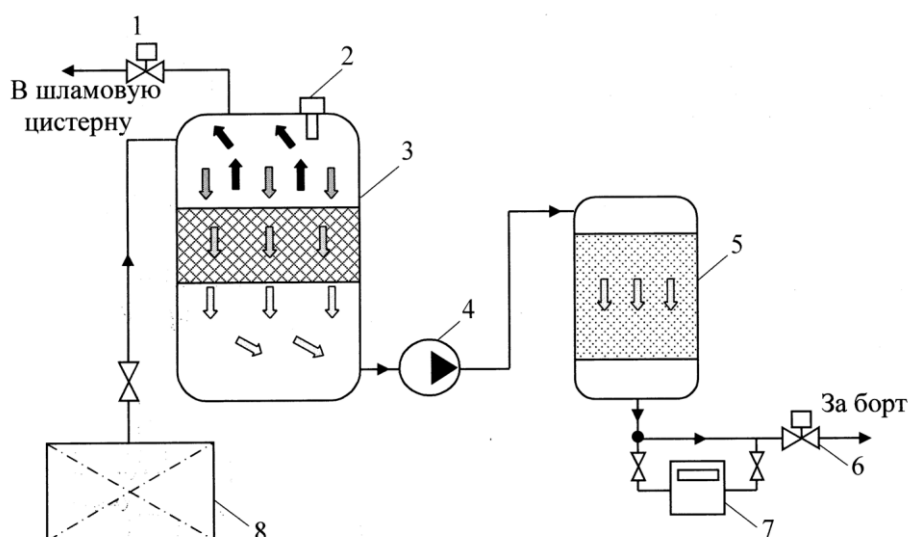
Результаты исследования

Принципиальная схема установки для очистки НСВ SKIT/S-DEB RWO представлена на рисунке 1.

Установка включает отстойную цистерну, сепаратор, винтовой насос и адсорбционный фильтр.

Принцип работы следующий. При запуске установки насос 4 создает вакуум, и нефтесодержащая вода из отстойной цистерны 8 поступает в сепаратор 3. На первом этапе в гравитационно-разделительной камере сепаратора происходит отделение от воды наиболее крупных частиц нефтепродукта (за счет разности плотностей). Затем НСВ проходит через специальный коалесцентный элемент с открытыми порами, на котором мелкие

частицы нефти задерживаются, укрупняются, всплывают и собираются в нефтесборнике. После заполнения нефтесборника срабатывает датчик 2, электромагнитный клапан 1 открывается, электродвигатель насоса начинает вращаться в противоположную рабочему направлению сторону, и нефтепродукты вытесняются в шламовую цистерну. После откачки нефтепродуктов установка начинает работать в обычном режиме. Предварительно очищенная вода выводится из нижней части сепаратора и поступает в адсорбционный фильтр 5, где происходит окончательное отделение нефтепродуктов в слое активированного угля. Очищенная вода сбрасывается за борт. Концентрация нефтепродуктов в очищенной воде контролируется блоком автоматики и контроля концентрации 7. Установка обеспечивает очистку до содержания нефти в стоке не более 15 млн^{-1} и оснащена устройством сигнализации OMD 24 и автоматического прекращения любого сброса нефтесодержащей смеси при превышении содержания нефти в стоке более 15 млн^{-1} .



- 1, 6 – электромагнитный клапан; 2 – датчик уровня нефтепродуктов; 3 – сепаратор;
4 – винтовой насос; 5 – адсорбционный фильтр; 7 – блок автоматики и контроля
концентрации нефтепродуктов; 8 – отстойная цистерна

Рисунок 1 – Принципиальная схема установки для очистки HCB SKIT/S-DEB RWO

К преимуществам установки относится следующее.

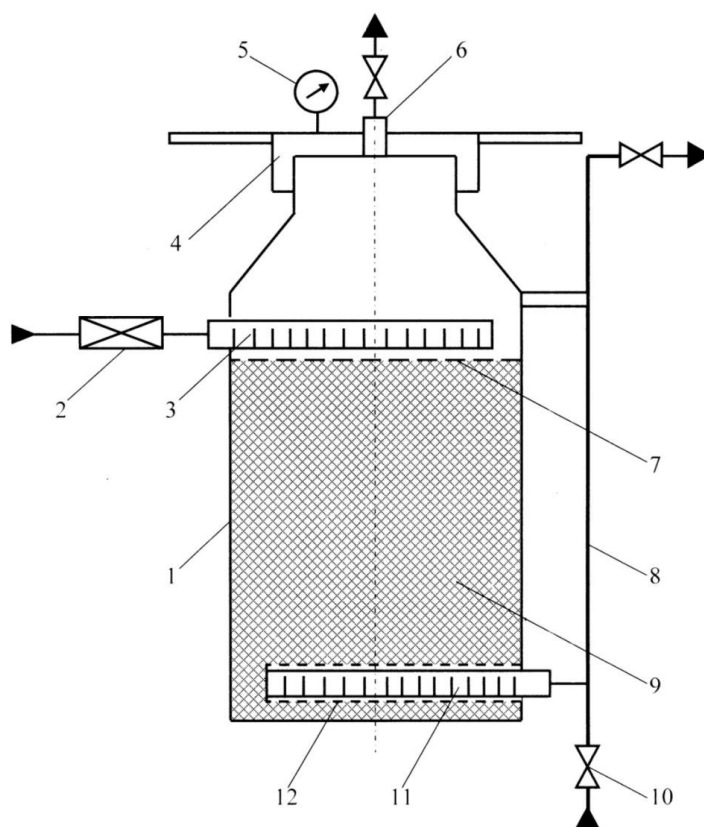
1. Простота и надежность в эксплуатации.
2. Наличие отстойной цистерны HCB, что позволяет осуществлять предварительную очистку от нефтепродуктов, а следовательно, увеличить ресурс работы фильтроэлемента сепаратора.

3. Установка сепаратора не на нагнетании, а на всасывании насоса, что исключает дополнительное эмульгирование нефтепродуктов перекачивающим насосом, а, следовательно, повышает качество очистки.

К недостаткам установки относится незначительный ресурс работы адсорбционного фильтра. Быстрое загрязнение пор адсорбента приводит к снижению эффективности очистки. При этом адсорбенты не регенерируются, а следовательно, необходима частая их замена.

Для повышения очистной способности и ресурса работы установки предлагается в качестве второй ступени очистки использование дополнительного коалесцентного фильтра [3], преимуществом которого является возможность регенерации без разборки, что существенно повысит продолжительность работы адсорбционного фильтра до его замены.

Конструкция фильтра изображена на рисунке 2.



1 – корпус; 2 – дроссельный клапан; 3 – перфорированный коллектор для подачи очищаемых НСВ; 4 – крышка; 5 – манометр; 6 – патрубок вывода нефтепродуктов; 7 – верхняя ограничительная сетка; 8 – патрубок вывода очищенной воды; 9 – фильтрующая загрузка; 10 – клапан для подачи промывочной воды; 11 – перфорированный коллектор для вывода очищенной воды; 12 – защитная металлическая сетка

Рисунок 2 – Регенерируемый фильтр

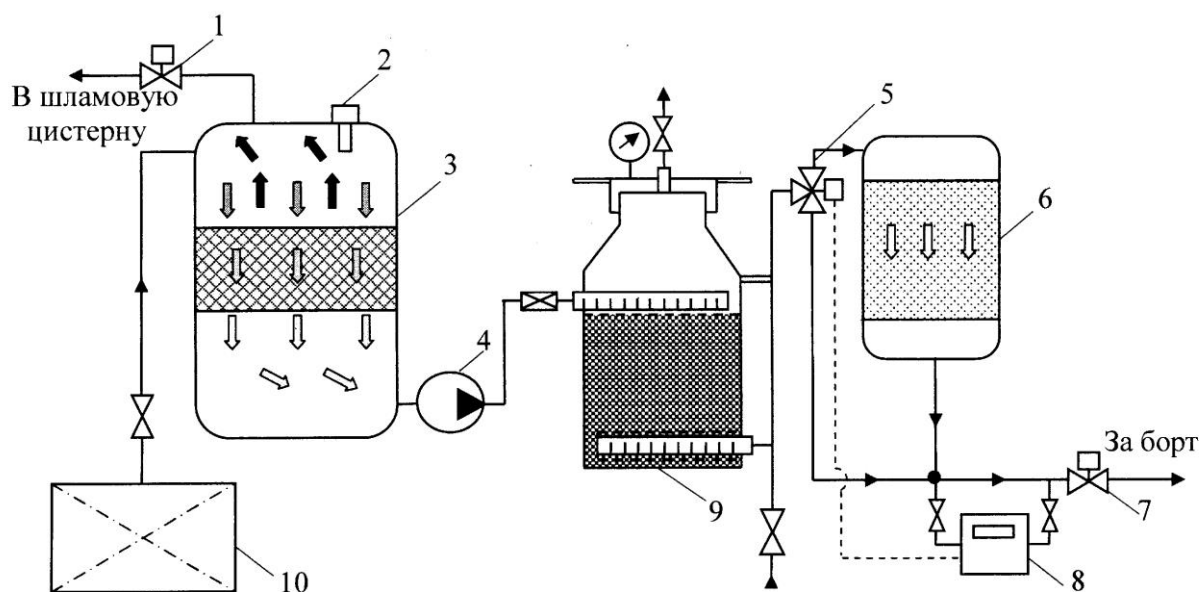
Фильтр работает следующим образом. Нефтедержащая вода через дроссельный клапан 2 и перфорированный коллектор 3 подается в корпус фильтра 1 и поступает на очистку в фильтрующую загрузку 9, заполненную

дважды просеянным морским песком с размером частиц $0,5 \div 1$ мм, где происходит очистка НСВ методами коалесценции и фильтрования. Очищенная вода выводится из корпуса фильтра через перфорированный коллектор 11 и патрубков вывода очищенной воды 8. Отделенные нефтепродукты выводятся из корпуса фильтра через патрубок 6.

По показаниям манометра 5 определяется загрязненность фильтра. При перепаде давления на фильтре более 0,05 МПа производится промывка фильтрующей загрузки подачей промывочной воды через клапан 10.

Дроссельный клапан служит для регулирования скорости фильтрации, которая не должна превышать 3 м/час, так как при большей скорости значительно снижается качество очистки. Съемная крышка 4 с резьбой и ручками служит для быстрого открытия-закрытия корпуса фильтра при замене фильтрующей загрузки. Верхняя 7 и нижняя 12 защитные металлические сетки с размером ячейки 0,5 мм служат для предотвращения вымывания фильтрующей загрузки из корпуса фильтра соответственно в процессе промывки и очистки.

На рисунке 3 представлена модернизированная установка для очистки НСВ типа SKIT/S-DEB RWO с дополнительным фильтром. Благодаря включенному в систему электромагнитному клапану 5, адсорбционный фильтр используется только по необходимости при превышении заданной степени очистки после второй ступени, что позволяет увеличить ресурс работы адсорбционного фильтра и снизить затраты по эксплуатации установки. В результате модернизированная установка будет работать более эффективно, иметь высокую очистную способность и продолжительный ресурс.



1, 5, 7 – электромагнитный клапан; 2 – датчик уровня нефтепродуктов; 3 – сепаратор; 4 – винтовой насос; 6 – адсорбционный фильтр; 8 – блок автоматики и контроля концентрации нефтепродуктов; 9 – регенерируемый фильтр; 10 – отстойная цистерна

Рисунок 3 – Модернизированная установка для очистки НСВ типа SKIT/S-DEB RWO с дополнительным фильтром

Выводы

В работе предложены мероприятия по повышению эффективности и ресурса работы установки для очистки НСВ. Для повышения очистной способности и ресурса работы установки предложено в качестве второй ступени очистки использование дополнительного коалесцентного фильтра, преимуществом которого является возможность регенерации (помывки) без разборки, что существенно повысит продолжительность работы абсорбционного фильтра до его замены. В результате модернизированная установка работать более эффективно, иметь высокую очистную способность и продолжительный ресурс.

Библиографический список

1. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная протоколом 1978 г. к ней (МАРПОЛ 73/78). Книги I и II. – СПб, ЗАО «ЦНИИМФ», 2012. – 760 с.
2. Истомин В.И. Совершенствование технических средств систем контроля и охраны морской природной среды от загрязнения нефтью / В.И. Истомин, С.Е. Тверская // Системы контроля окружающей среды: науч.-техн. журнал. – Севастополь: ФГБОУ "Институт природно-технических систем", 2021. – Вып. 4(46). – С. 63-70.
3. Пат. 2781068 Российская Федерация. RU 2781068 С1. Фильтр для очистки нефтесодержащих вод / Истомин В.И., Тверская С.Е., Хлебникова В.В.; Заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Институт природно-технических систем». – № 2021129141; заяв. 05.10.2021; опубл. 05.10.22. – 6 с.

НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Фролов Валерий Владимирович

доцент кафедры Судовождения и безопасности судоходства

капитан дальнего плавания

E-mail: forell@bk.ru

Аркин Леонид Владимирович

доцент кафедры Судовождения и безопасности судоходства

капитан дальнего плавания

e-mail: arkin.l@yandex.ru

Янковский Дмитрий Александрович

Студент кафедры Судовождения и безопасности судоходства

E-mail: demon-optimsu@mail.ru

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»,*

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

SETTINGS OF SECURITY PARAMETERS OF THE ELECTRONIC CAR- TOGRAPHIC NAVIGATION AND INFORMATION SYSTEM

Frolov Valery

Associate professor of the Department of navigation and safety

of shipping, sea captain

E-mail: forell@bk.ru

Arkin Leonid

Associate professor of the Department of navigation and safety

of shipping, Deep sea Captain

e-mail: arkin.l@yandex.ru

Iankovskii Dmitrii

Student of the Department of navigation and safety

of shipping

E-mail: demon-optimsu@mail.ru

Federal State Educational Institution

of Higher Education «Sevastopol State University»

АННОТАЦИЯ. Описание особенностей настройки параметров безопасности ЭКНИС, их расчета, назначение категорий зон доверия данным CATZOC.

Ключевые слова: ЭКНИС, параметры безопасности, контур, ENC, CATZOC.

ABSTRACT. Description of configuring Navi-Sailor ECDIS safety parameters specifics, their calculations, CATZOC purpose.

Key words: ECDIS, safety parameters, contour, ENC, CATZOC.

Введение

Цель и объем данной статьи - описать факторы, которые следует учитывать при работе с электронной картографической навигационно-информационной системы (ЭКНИС). Сегодня ЭКНИС является полноценным средством в навигации для обеспечения безопасности и прежде всего предупреждения посадки судна на мель. Для оптимальной ситуационной осведомленности судоводители всегда должны распознавать уровень отображения объектов, представленных при использовании ЭКНИС. Значения глубины безопасности и контура безопасности должны быть поняты и введены для достижения разумного и продуманного значения и настроек сигнализации. И по сей день, способность предупреждать судоводителя о приближении опасности, делают ECDIS незаменимым оборудованием на мостике. Судоводитель может гибко настраивать параметры безопасности. Большинство компаний разработали руководства по минимальным настройкам безопасности.

ECDIS — это сложная, отвечающая требованиям безопасности программная система с множеством вариантов отображения и интеграции. Основная функция ECDIS заключается в содействии безопасному судоходству. ECDIS всегда должна обладать, по крайней мере, такой же надежностью и доступностью представления, как бумажная морская карта, опубликованная уполномоченным правительством органом гидрографические службы.

Настройка параметров безопасности в ECDIS

Сегодня ECDIS является полноценным средством в навигации для обеспечения безопасности и прежде всего предупреждения посадки судна на мель. И по сей день, способность предупреждать судоводителя о приближении опасной зоны, делают ECDIS незаменимым оборудованием на мостике. Судоводитель может гибко настраивать параметры безопасности. Большинство компаний разработали руководства по минимальным настройкам безопасности. Значение запаса воды под килем влияет на расчет контура безопасности одного из основных параметров безопасности в электронной картографии.

В ЭКНИС **Транзас Navi-Sailor 5000 5,45** есть четыре настройки безопасности, имеющие ключевое значение для безопасной навигации, а именно рис.1:

- контур мелководья (shallow contour),
- безопасный контур (safety contour),
- безопасная глубина (safety depth),
- контур глубоководья (deep contour).

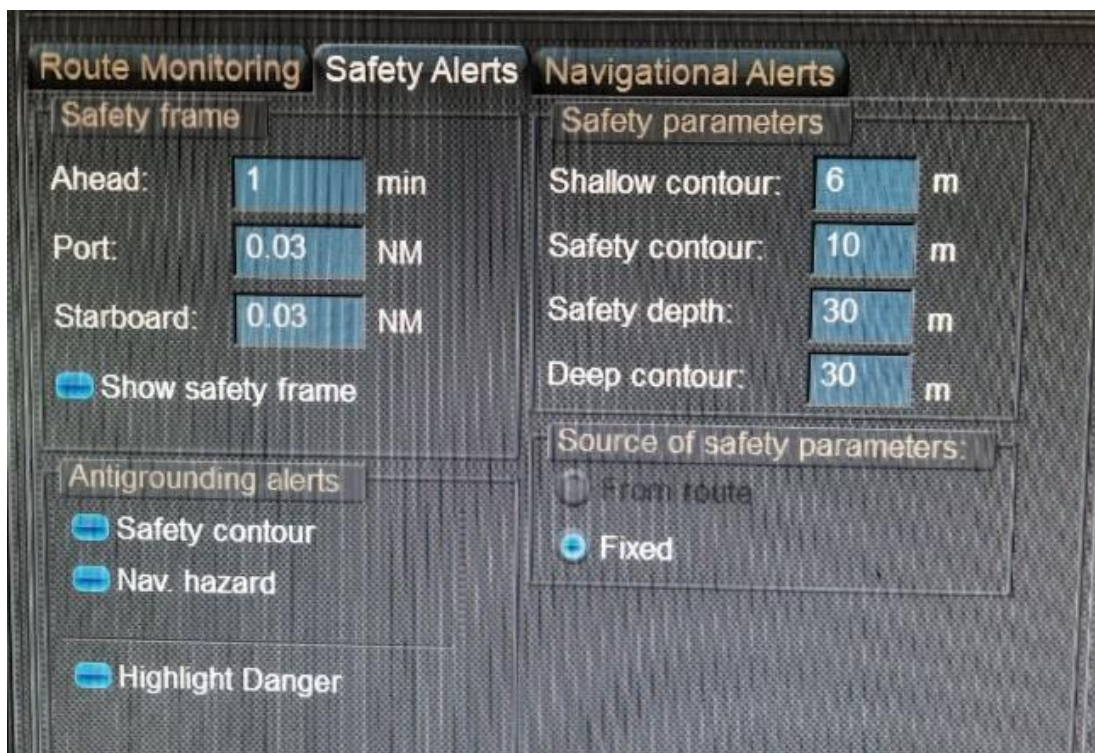


Рисунок 1 – Safety Alerts

Для начало рассмотрим посадку судна на воде и все элементы, связанные с этим.

Посадка судна

В общем случае

$$Depth = Draft + Squat + UKC - \Delta T_t.$$

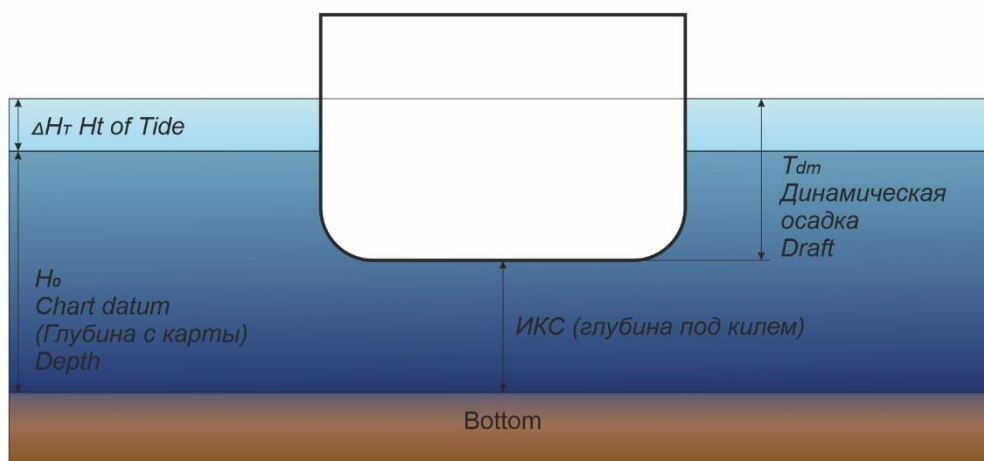


Рисунок 2 – Посадка судна

Ship's Draft — осадка судна

Squat — проседание судна

UKC (Under Keel Clearance) — глубина под килем

Height of Tide — высота прилива

Depth = Draft + Squat + Ukc - Ht. of Tide

Необходимо знать, как известно, каждая современная электронная карта имеет оценку точности гидрографических данных, так называемая **категории зон доверия данным (Zone Of Confidence CATZOC)**

В процессе расчёта безопасной глубины также важно учитывать особенности CATZOC (Категории зон доверия данным). Мы должны понимать, что большая часть данных, отображаемых на ENC, основана на исследованиях, которым много лет и, следовательно, нельзя полностью полагаться на их достоверность. CATZOC используется для определения точности, лежащих в основе гидрографических данных. Это позволяет мореплавателю принимать разумные решения относительно степени уверенности в карте при планировании перехода или в процессе навигации.

К типам ожидаемых ошибок по глубинам можно отнести:

- Не точное значение замера глубины.
- Не точное положение, в котором отмечена эта глубина.

Если бы возможные ошибки значения и положения глубины, были постоянными на картах, было бы проще просто применить постоянную ошибку. Но эти ошибки не являются постоянными. По мере развития технологий показания этих параметров становились более точными, а погрешности незначительными. Но как узнать, какие показания точны, а какие нет и какие максимальные погрешности можно от них ожидать? Для этого были созданы категории зон доверия данным CATZOC.

ZOC	ZOC Symbol	Position Accuracy	Depth Accuracy	Seafloor Coverage
A1		±5m + 5% depth	0.50 + 1%d	Full area search undertaken. Significant seafloor features detected and depths measured
A2		±5m 20m	=1.00 + 2%d	Full area search undertaken. Significant seafloor features detected and depths measured
B		±50m	=1.00 + 2%d	Full seafloor coverage not achieved; uncharted features, hazardous to surface navigation are not expected but may exist
C		±500m	=2.00 + 5%d	Full seafloor coverage not achieved, depth anomalies may be expected
D		Worse than ZOC C		Full seafloor coverage not achieved, large depth anomalies may be expected
U		Unassessed - the quality of the bathymetric data has yet to be assessed		

CATZOC categories and symbols

Рисунок 3 – Параметры безопасности ЭКНИС

Каждой зоне доверия (CATZOC) были присвоены максимальные погрешности, которые могут быть в значениях глубин и их позиций, отмеченных на картах.

В ECDIS информация CATZOC отображается в виде символов, различающихся количества звезд. Каждый символ представляет определенную категорию «зоны доверия данным».

В зависимости от погрешности значения и положения глубины CATZOC доступны в шести категориях согласно рисунку 3.

Так ENC с шестью звездами будет означать, что информация в этой ENC является очень точной, а с тремя и менее – имеет большие погрешности.

Настройки параметров безопасности ЭКНИС имеют ключевое значение для безопасной морской навигации. Судоводителю и вахтенному помощнику необходимо знать об особенностях настройки безопасности ЭКНИС, а также уметь ими пользоваться, и так окончательная формула расчета глубины, следующая:

$$\text{Depth} = \text{Draft} + \text{Squat} + \text{Ukc} - \text{Ht. of Tide} + \text{CATZOC}$$

Исходя из вышеизложенного приступим к настройкам безопасности, имеющие ключевое значение для безопасной навигации

1. Контур мелководья (shallow contour)

Контур мелководья считается глубиной посадки на мель. Контур мелководья следует устанавливать равным динамической осадке судна с округлением до целых в большую сторону, при этом ЭКНИС отобразит следующий контур глубины, доступный в ENC. Таким образом все области между нулевой глубиной и контуром мелководья являются полностью непригодными для навигации.

Разделение опасных и безопасных вод отмечается на карте при помощи цвета. При этом синим обозначены небезопасные области, а белым или серым – безопасные. Небезопасная область, отделенная контуром мелководья, дополнительно отмечается тёмно-синим цветом, если в настройках ENC выбрано отображения контуров 4 оттенками.

Безопасная глубина (safety depth)

Безопасная глубина — это глубина воды, по которой можно безопасно перемещаться и оставаться на плаву. Это главный параметр, который определяет последующие параметры ограничения по глубине

$$\text{Depth} = \text{Draft} + \text{Squat} + \text{UKC} - \text{Ht. of Tide} + \text{CATZOC}$$

Какая же глубина воды необходима для плавания судна без каких-либо проблем? Конечно, это глубина, которая соответствует политике компании по UKC.

Таким образом для получения безопасной глубины достаточно установить прописанные требования к контролю запаса глубины под килем и расчета UKC.

В каждой судоходной Компании существуют SMS (Safety Management System) и SOM (Ship Operational Manual), в которой прописаны требования к контролю запаса глубины под килем и расчета UKC, нарушение которых есть не выполнение своих профессиональных обязанностей. Каждый порт также имеет свой установленный минимальный UKC для судоходства на их территории.

SMS AUERBACH BEREEDERUNG GmbH & Co. KG

- **Company IMO No. 5780086** - устанавливает следующие требования к контролю запаса глубины под килем UKC:

Alongside: **minimum 0,5 meter** + Depth accuracy (CATZOC)

Manoeuvring: **minimum 10% of draft + squat** + Depth accuracy (CATZOC)

Coastal: **minimum 100% of draft + squat** + Depth accuracy (CATZOC)

At sea: **minimum 20 meter**

У борта: минимум 0,5 метра + точность глубины (CATZOC)

Маневрирование: минимум 10% осадки + проседание судна + точность глубины (CATZOC)

Прибрежный: минимум 100% осадки + проседание судна + точность глубины (CATZOC)

В море: минимум 20 метров

В тех редких случаях, когда судну требуется зайти в порт с UKC менее 10%, капитан должен уведомить компанию перед транзитом, чтобы получить письменное разрешение. То же самое следует сделать, если у капитана есть какие-либо сомнения в том, что достаточный зазор может поддерживаться на протяжении всего рейса.

2. Безопасный контур (safety contour)

Контур безопасности — это линия контура, над которой мы можем ориентироваться, не заботясь о глубине воды. Safety Contour может быть установлен равным, но не меньше, чем значение Safety Depth. Контур безопасности представляет собой вертикальную плоскость, которая разделяет собой безопасные и небезопасные воды и показывает минимальную безопасную для навигации глубину на данном плече маршрута по электронной карте. На традиционной бумажной карте безопасный контур является постоянным и не дает точного представления о мелководье, то есть глубины, указанные в синей части бумажной карты, могут быть опасны для судна с большой осадкой, но безопасны для судна с меньшей.

В отличие от бумажных карт ЭКНИС позволяет судоводителю устанавливать параметры безопасности в соответствии со статическими или динамическими характеристиками судна, а также окружающей обстановкой.

Синий цвет используется для обозначения небезопасных зон, а белый или серый – для безопасных. По умолчанию безопасный контур имеет значение 20м.

Воды с глубиной меньшей, чем Safety Contour должны считаться зонами No-Go Area (несудоходными). Капитан может установить Safety Contour на значение выше, чем Safety Depth, если посчитает, что в сложившейся обстановке и условиях необходим дополнительный буфер безопасности. Отображается на ECDIS областями серого цвета.

3. Контур глубоководья (deep contour)

Эта настройка очень удобна для судов, выполняющих специальные виды работ превышающих определённую глубину-очистку грузовых танков, смену балласта в водах или глубоководные работы с определенным оборудованием. Судно, не занятое в таких операциях, может установить этот параметр на свое усмотрение как посчитает нужным или 2 Safety Contour. Но в любом случае, оно не должно быть ниже, чем Safety Contour. Отображается на ECDIS областями белого цвета.



Рисунок 4 – Safety frame

Настройки обнаружения опасности

Вход в настройки безопасности предупредит нас, когда судно входит в небезопасные воды. Но когда он подаст тревогу, к тому времени может быть уже слишком поздно.

Настройки заблаговременного обнаружения опасности Рис.2 могут помочь предотвратить ее. Нам нужно только определить область, в которой нам нужна ECDIS, чтобы предупредить нас.

Мы можем это сделать, построив так называемую сектор безопасности (safety frame) вокруг судно. При пересечении сектора с любым контуром предупреждения срабатывает оповещение.

Зоны предупреждения

В то время как безопасные для судоходства воды ограничены такими факторами, как осадка, клиренс килля и приливные условия, существуют некоторые зоны предупреждения, называемые "запретными зонами", где судно не может безопасно перемещаться даже в зоне разрешенного судоходства.

Эти области должны быть показаны перекрестной штриховкой в областях, близких к нанесенной на карту трассе. Рис.5

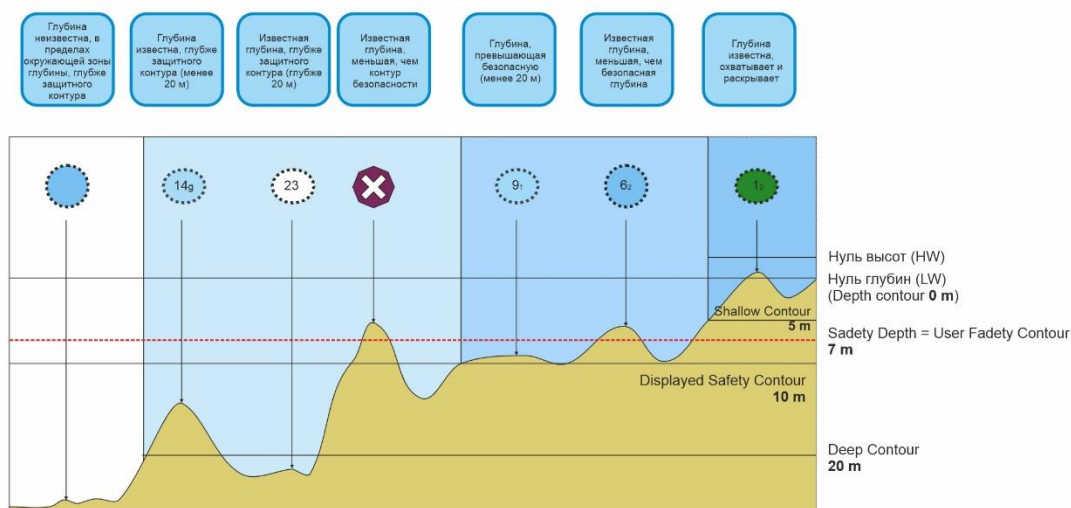


Рисунок 5 – Глубины

Заключение. Использование на борту ECDIS делает навигацию более безопасной. Настройки параметров безопасности ЭКНИС имеют ключевое значение для безопасной навигации. Судоводителю необходимо знать об особенностях настройки безопасности ЭКНИС, а также уметь ими пользоваться. Это безусловно может помочь в их правильном использовании, что определенно будет шагом вперед.

Библиографический список

1. Полтавский С.В. Электронные картографические навигационные информационные системы: практикум к практ. занятиям для курсантов специальности 26.05.05 Судовождение оч. и заоч. форм обучения / сост.: Полтавский С.В.; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш.

образования “Керч. гос. мор. технолог. ун-т”, Каф. судовождения и промышленного рыболовства. – Керчь, 2020. – 60 с.

2. Полтавский С.В. Особенности настройки параметров безопасности ЭКНИС. Судовождения и промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «КГМТУ». - Керчь, 12 июня 2021 г.. – 6 с.

3. Capt Rajeev Jassal Here is What a brilliant Passage plan on ECDIS Looks Like [Электронный ресурс] 20.04.2021

4. Режим доступа: <https://www.myseatime.com/blog/detail/position-fixing-the-most-important-element-of-passage-planning>

5. Paromita Mukherjee Proper Use Of ECDIS Safety Settings [Электронный ресурс] 17.04.2021

6. Режим доступа: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/proper-use-of-ecdis-safety-settings/>

Научное издание

**Актуальные вопросы проектирования, постройки и
эксплуатации морских судов и сооружений**

Труды
Всероссийской научно-практической конференции
г. Севастополь, 22-23 ноября 2023 г.

Ответственный редактор
Д.В.Бурков, директор Морского института,
доцент, канд. техн. наук

Компьютерное составление и верстка

В.С. Василенко

Тираж 20 экз. Зак. № 31/20

Редакция, издатель – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет»
Адрес: ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053
Тел.: (8692) 54-42-32; (8692) 43-50-19