

**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, 04-05 декабря 2024 г.**

Севастополь 2024

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.

Перепадя 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, 04-05 декабря 2024 г. / М-во науки и высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет ; науч. ред. С. В. Василенко. – Севастополь : СевГУ, 2024. – 182 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», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Андреев А.С., Литвинов Р.А., Перепада К.В., Балашов М.Г. Построение сборочной постели для секции в 3-D	5
Балашов М.Г., Ковтун А.А. О возможности внедрения на морских судах возобновляемых энергетических систем, основанных на ветряных установках и солнечных панелях	11
Балашов М.Г., Фадиль А.С.Р. Противообледенительное устройство ледокола. Перспективное направление совершенствования устройства	18
Ефремова Л.С., Чемакина Т.Л. Архитектурно конструктивные особенности и функциональное назначение многоцелевых офшорных судов	24
Заименко В.К., Балашов М.Г., Мылымко В.С. Типы судовых двигателей	37
Камаев А.С. Исследование эффективности и сравнение существующих морских волнозащитных сооружений для обеспечения береговых зон	46
Картушов Б.В., Левчук Н.А., Прусаков А.С. Влияние конструкции гребного винта на ходовые качества судна	53
Каськов Н.Э., Иванов М.А., Иванова О.А., Родькина А.В. Перспектива применения роботизированных подводных аппаратов для решения задач обустройства морских месторождений	60
Ландиков Ю.В., Литвиненко В.П., Савинков Н.А. Исследование методов повышения эффективности сгорания тяжелого топлива в цилиндрах судовых двигателей	68
Макаренко К.М., Немчинов Е.С., Норкин В.С. Сферы применения беспилотного подводного аппарата	77
Настюшкин С.И., Крамарь В.А. Введение поправочного коэффициента при расчете вентиляции судовых помещений с наличием аккумуляторных батарей закрытого типа	82
Никонова Е.А., Иванова О.А., Родькина А.В. Суда с инверсным носом для Арктики	87
Петрушечкин А.Ю., Бугаев П.А., Семенюта А.В., Пожарова М.Н. Актуальность использования современных газотурбинных установок и комбинированных энергетических установок на судах торгового флота катамаранного типа для перевозки тяжелых негабаритных грузов	96

Ряснов А.А. Методика экспресс оценки реализуемости проектирования и постройки судна в рамках заданного бюджета	108
Самонов И.А., Жибоедов В.В. Экспериментальное определение параметров гироскопического успокоителя качки для пассажирского судна	112
Сергеев К.М., Боков Г.В. Электронные магнитные компасы	120
Сидорова А.А., Симененко С.А., Ролдыкина А.В., Иванова О.А. Катодная поляризация судовых конструкций при различном уровне погружения в морскую воду	130
Симененко С.А., Сидорова А.А., Иванова О.А. Перспективы использования конструкций из композитных материалов для судов на подводных крыльях	136
Скачкова А.А. Солнечные панели как элемент системы энергообеспечения пассажирского катамарана	144
Фадевнин Г.А. Аналитический обзор мировых тенденций по прогнозированию судовых систем	149
Фридман В.А. Крупноблочный метод строительства судно	153
Холопцев А.В., Курочкин Л.Е. Современные тенденции изменений месячных потоков суммарной солнечной радиации, поступающих на акваторию Севморпути	159
Цыганов А.С., Конева С.А., Цалоев В.М. Влияние портовой инфраструктуры на развитие транспортной логистики региона.....	174

ПОСТРОЕНИЕ СБОРОЧНОЙ ПОСТЕЛИ ДЛЯ СЕКЦИИ В 3-D

Андреев Александр Сергеевич
студент

E-mail: aas081203@gmail.com

Литвинов Роман Александрович
студент

E-mail: pzxcv7770@yandex.ru

Перепадя Константин Васильевич
кандидат технических наук, доцент

Балашов Михаил Георгиевич
кандидат технических наук, доцент

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

BUILDING A BED FOR A SECTION IN 3-D

Andreev Alexander Sergeevich
student

Litvinov Roman Alexandrovich
student

Perepadya Konstantin Vasilyevich
Candidate of Technical Sciences Associate Professor

Balashov Michael Georgievich
Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Federal State Autonomous Educational Institution
of Higher Education "Sevastopol State University" ,
33 Universitetskaya str., Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. Рассматривается вопрос проверки правильности построения двухмерной модели усеченной сборочной постели, путем построения трехмерной модели. Применены и расписаны различные подходы к построению постели.

Ключевые слова: теоретический чертеж, постель, сечения, проекция бок, носовой и кормовой стык.

ABSTRACT. The issue of the correct construction of the bed is being considered by checking the three-dimensional model. Various approaches to the construction of the sweep have been applied and described.

Keywords: theoretical drawing, bed, cross-sections, side projection, bow and stern extremity.

Введение

Построение сборочной постели – это важнейший этап в понимании студентами проектировщиками и кораблестроителями как разрабатывается проект и выполняются конструкции в металле. Для выполнения вышеописанных задач проводится построение сборочной постели в системе NanoCad.

В рамках выполняемой работы по построению постели предложена концепция проверки правильности построения двухмерной усеченной постели. Была разработана последовательность построения трехмерной модели постели.

Построение 3-D модели полотна обшивки

На рисунке 1 показан теоретический чертеж с выделенной областью на обшивке корпуса судна. Обшивка представлена в трех проекциях судна и отдельно выделена крупно проекция корпус (рисунок 2).

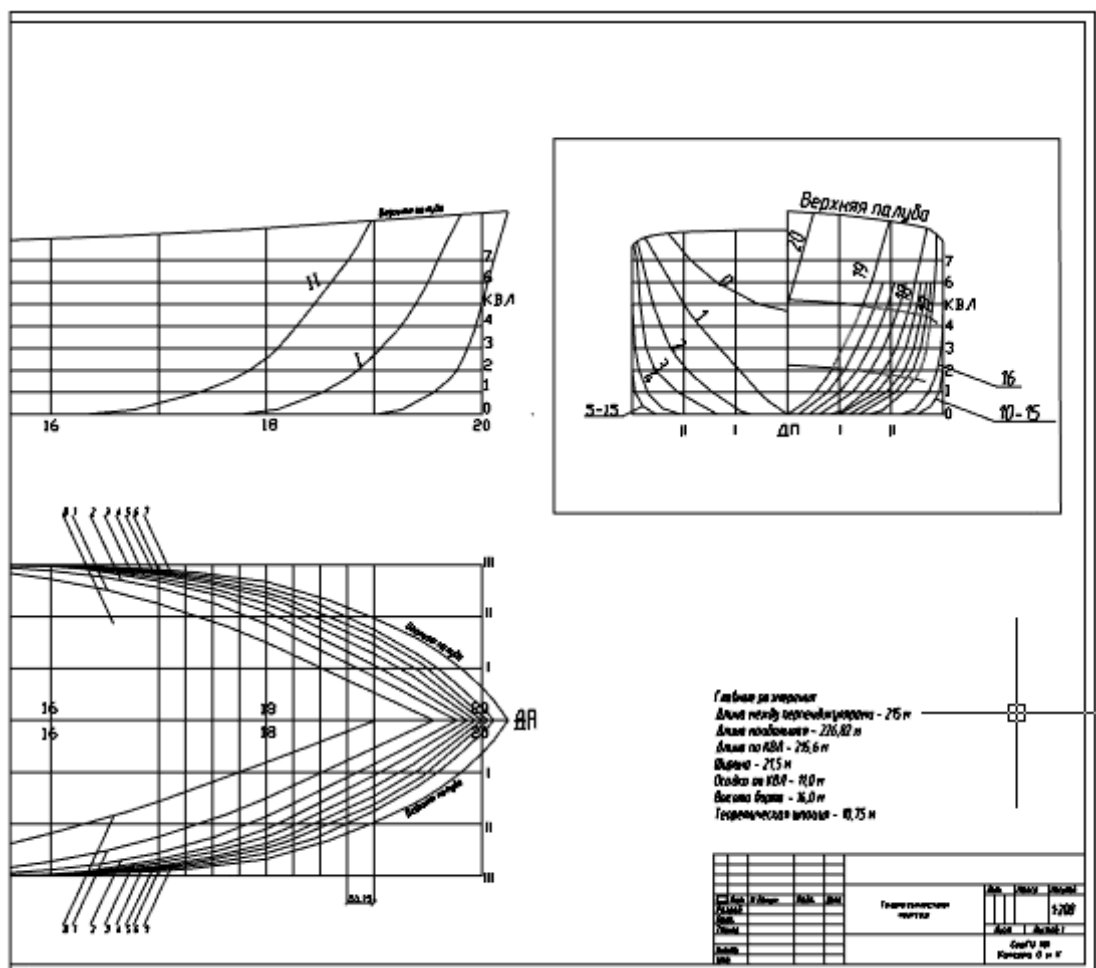


Рисунок 1 – Теоретический чертеж (носовая оконечность)

Переведем проекцию двухмерного изображения развертки в трехмерный объект. Чертеж носовой оконечности поворачивается с помощью команды «3D орбита» и из точек пересечения верхней и боковых граней полотна обшивки судна проводятся лучи перпендикулярные чертежу носовой оконечности судна.

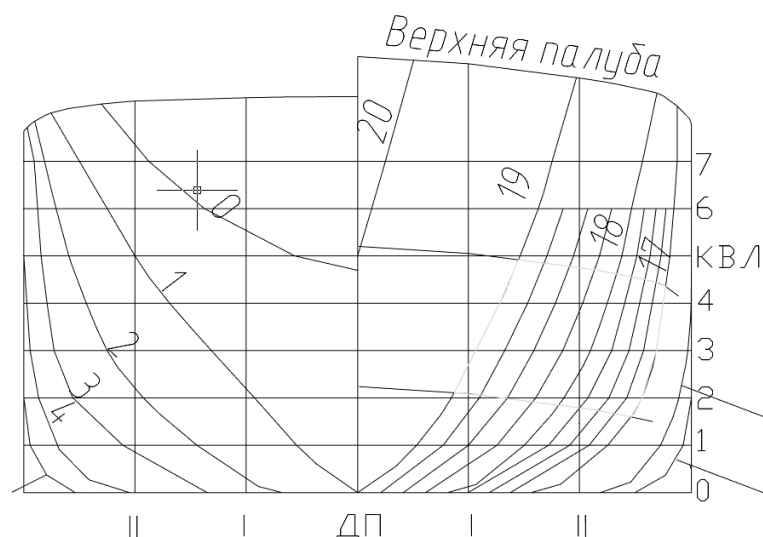


Рисунок 2 – Проекция корпус

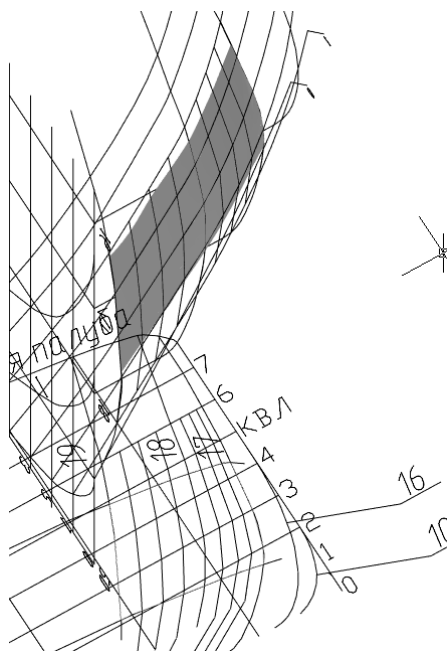


Рисунок 3 – Вертикальные обводы листа обшивки, а также обводы с первого по пятую ватерлинии, вместе с линиями связи

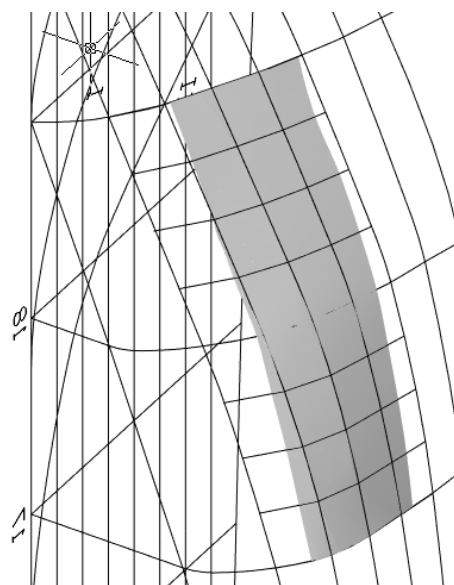


Рисунок 4 – 3D модель листа обшивки корпуса судна

С помощью команды «3D – поворот» мы поворачиваем чертеж проекцию корпус перпендикулярно чертежу проекции бок и переносим обводы шпангоутов по длине судна с помощью команды «копировать» на «штатные» места. Аналогично поворачиваем проекцию полуширота перпендикулярно чертежу проекции бок и переносим обводы ватерлиний, так чтобы каждая ватерлиния с вида сверху соответствовала ватерлинии на виде с боку чертежа судна. Таким образом получают пересечения лучей, проведенные от проекций корпус и от полуширота. Также с проекции корпус переносятся вертикальные

обводы листа обшивки, каждый обвод должен соответствовать своему листу связи, по которому он проходит, так же вместе с обводами листа обшивки переносятся обводы с первой по пятую ватерлинии. Перенос вертикальных обводов с проекции корпус на проекцию бок показаны на рисунке 3.

Для дальнейшей работы оставляются на чертеже только линии, непосредственно связанные с листом, с помощью команды «LOWT», выделяя каждый обвод листа, создается 3D модель обшивки (рисунок 4).

Построение полной версии постели в 3-D

Для построения полной сборочной постели, с наружной части корпуса параллельно ДП, на расстоянии не менее 200 мм, выбирается базовая плоскость, перпендикулярно к которой от обшивки листа проводятся стойки лекал постели (рисунок 5).

Лист обшивки и стойки постели с помощью команды «копировать» выносятся из чертежа в новое место (рисунок 6). Здесь нижний край полотна вплотную подходит к базовой плоскости. Нужно отодвинуть базовую плоскость на 200 мм.

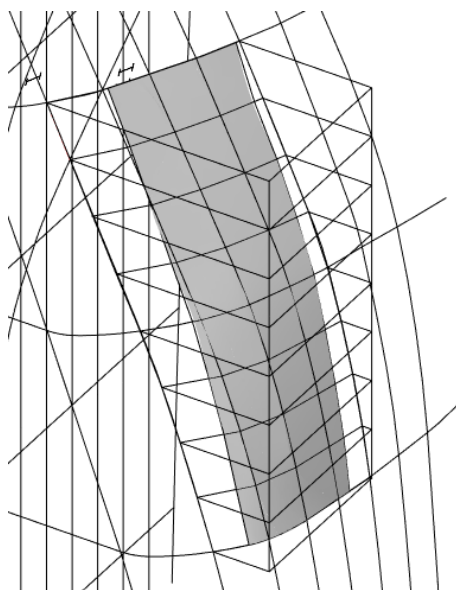


Рисунок 5 – Стойки постели в 3D модели

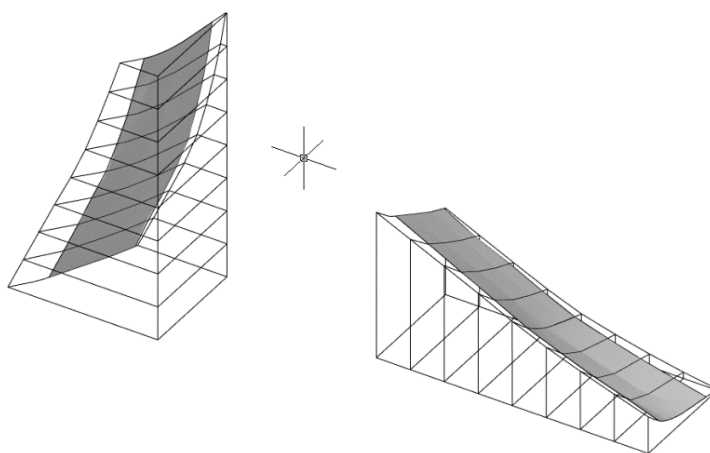


Рисунок 6 – Постель в разных проекциях

Построение усеченной версии 3-D модели постели

Как видно из рисунка 6 высота лекал со стороны носового и кормового стыков значительно отличаются друг от друга. Для экономии материала при изготовлении лекал, базовую плоскость выбирают не параллельно ДП, а под некоторым углом к ней, чтобы высота лекал получилась примерно одинаковой. Для этого из наиболее выпуклой точки полотна обшивки проведем на расстоянии не менее 200 мм новую базовую плоскость будущей усеченной версии постели (рисунки 7).

После этого продлим шпангоуты полотна обшивки таким образом, чтобы проекция полотна на базовую плоскость имела прямоугольную форму (рисунок 8).

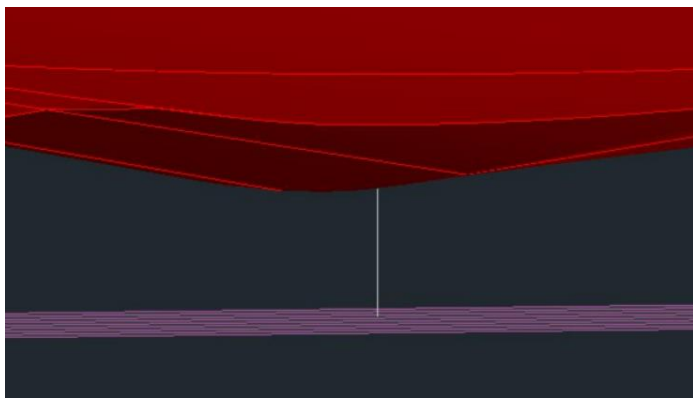


Рисунок 7 – Новая базовая плоскость усеченной постели, проведенная на расстоянии 200 мм от полотна обшивки

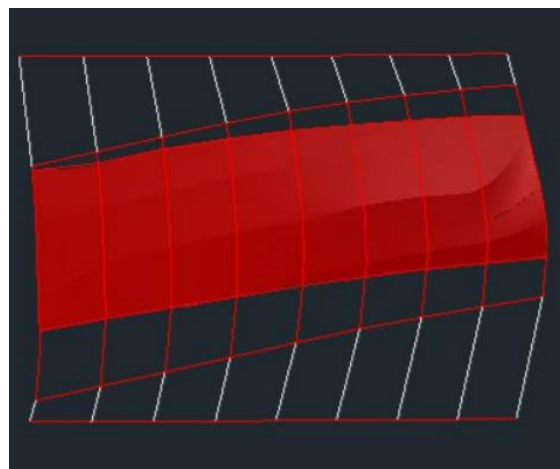


Рисунок 8 – Удлиненные грани обшивки

Из крайних точек каждого из удлиненных шпангоутов проведем стойки перпендикулярно к базовой плоскости постели и соединим их между собой. Получим окончательный вариант усеченной постели построенной в 3D (рисунок 9).

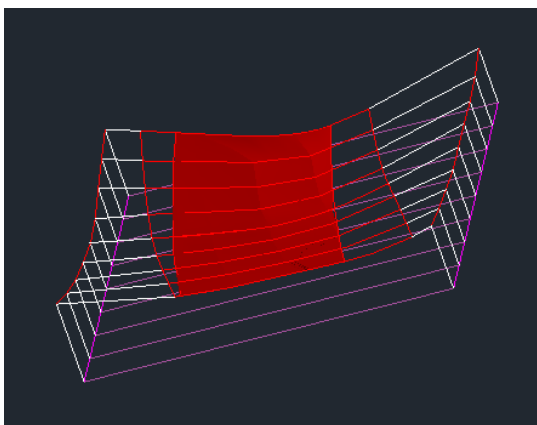


Рисунок 9 – Законченный вариант усеченной постели построенной в 3D

Сравнение 3-D моделей

Сравним 3D модели представленные на рисунках 6 и 9. На рисунке 10 показано наложение одной 3D модели на другую.

Для наглядности того, что пересечение лекал двух постелей с полотном не совпадают между собой, выполним сечение полотна плоскостями, проведенными из крайних точек одного шпангоута перпендикулярно основаниям обеих постелей (рисунок 11).

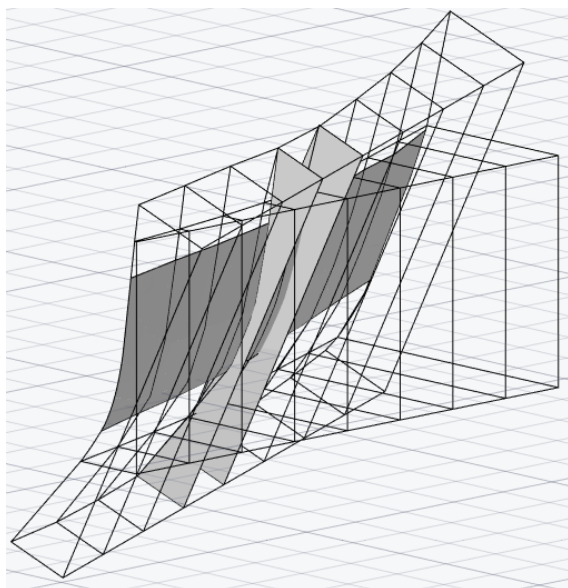


Рисунок 10 – 3–D модели, наложенные друг на друга

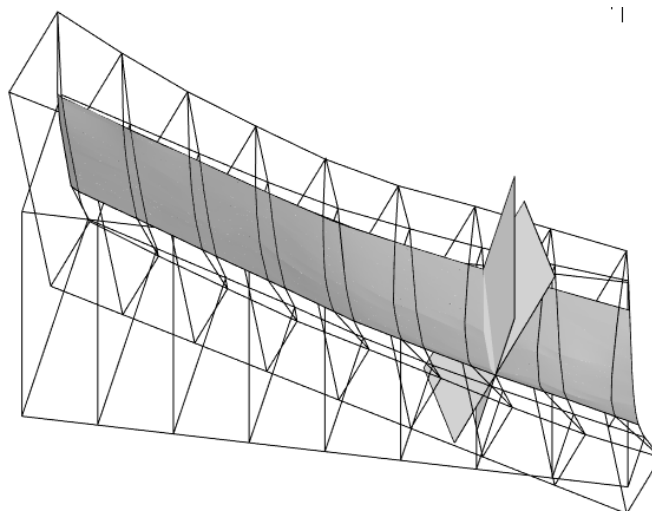


Рисунок 11 – Сечение полотна плоскостями, проведенными из крайних точек одного шпангоута перпендикулярно основаниям обеих постелей

Выводы

Поскольку сечение полотна обшивки лекалами полной и усеченной постелей проходят по разным линиям то построение усеченной постели в 2–D, показанное на рисунке 2.5 представленном в [1], не является верным. Правильное построение усеченной модели сборочной постели может быть выполнено только в 3–D и показано на рисунке 9.

Библиографический список

1. Развертка листов обшивки корпуса судна методом геодезических линий: методические указания к выполнению практической работы / Севастопольский государственный университет, Морской институт, кафедра «Океанотехника и кораблестроение»; сост. К.В. Перепадя, Г.В. Лекарев, М.Г. Балашов. – Севастополь: Изд-во СевГУ, 2024. – 20 с.: ил.
2. Перепадя, К. В. Построение обводов лекал сборочной постели / К.В. Перепадя, М.Г. Балашов, Г.В. Лекарев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2023. – № 5(361). – С. 171-178.

**О ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ НА МОРСКИХ СУДАХ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОСНОВАННЫХ
НА ВЕТРЯНЫХ УСТАНОВКАХ И СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЯХ**

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*

**ON THE POSSIBILITY OF INTRODUCING RENEWABLE ENERGY SYST
EMS BASED ON WIND AND SOLAR PANELS ON 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. Рассматривается вопрос применения альтернативных возобновляемых источников энергии в судостроении. Приведен зарубежный опыт применения судов с использованием силы ветра и солнца. Отмечены достоинства и недостатки установок, преобразующих энергию солнца и ветра.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, парусные суда, ветрогенератор, роторные суда, солнечные панели.

ABSTRACT. The issue of using alternative renewable energy sources in shipbuilding is being considered. The foreign experience of using ships using the power of wind and sun is given. The advantages and disadvantages of installations that convert solar and wind energy are noted.

Keywords: alternative energy sources, sailing ships, wind turbine, rotary vessels, solar panels.

Введение

Современные требования к судостроению включают в себя не только стремление к улучшению маневренности, эффективности и безопасности судов, но также к снижению воздействия на окружающую среду и оптимизации энергетической эффективности. Использование альтернативных источников энергии, таких как ветер и солнце, находит все более широкое применение в

судостроительной индустрии. Стремительное развитие научного и инженерингового потенциала в судостроении, увеличило тенденцию внедрения энерго- и экологически эффективных технологий в отрасли. Наметились устойчивая тенденция применения технологий, использующих возобновляемые источники энергии, которые могут привести к замещению иных на 30%.

В соответствии с резолюцией 33/148 (1978 г.) Генеральной Ассамблеи ООН введено понятие «новые и возобновляемые источники энергии», куда включены солнечная, геотермальная, ветровая, энергия морских волн и т.д. [1].

По данным Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененной протоколом 1978 г., количество вредных выбросов с каждым годом должно снижаться, что заставляет производителей рассматривать альтернативные источники энергии. Наиболее жесткие требования предъявляются к Балтийскому и Северному морям, прибрежным водам США и Канады, Карибскому и Средиземному морям, побережью Японии, что приводит к необходимости проведения оценки возможности применения возобновляемых источников энергии на объектах морского транспорта [2].

Применение энергии солнца в судостроении

На судах достаточно много свободного не используемого палубного пространства, которое более энергоэффективно можно было бы использовать при размещении на нем солнечных панелей (СП). Но так называемая «солнечная полезная площадь» зависит от типа судна, его параметрических размеров, размещения рубки, конструкции надстройки и т.д. В связи с этим количество и размер СП, а значит и количество полученной ими энергии, также индивидуально. Немаловажным фактором размещения СП является значение солнечной радиации, так как в разных широтах количество солнечных дней различно.

Распределение инсоляции изображено на рисунке 1.

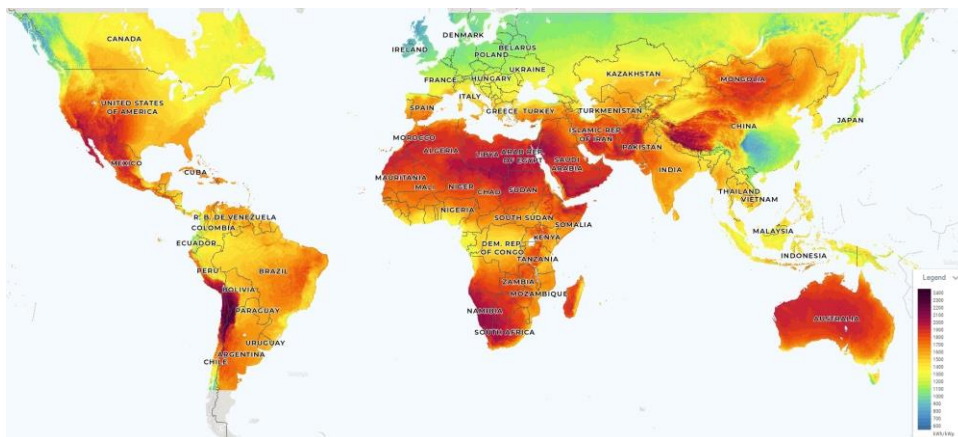


Рисунок 1 – Распределение инсоляции

К преимуществам использования солнечных панелей следует отнести:

- перспективность, доступность и неисчерпаемость источника энергии в условиях постоянного роста цен на традиционные виды энергоносителей;
- полную безопасность для окружающей среды.

К недостаткам использования солнечных панелей следует отнести:

- зависимость от погоды и времени суток
- сезонность в средних широтах и несовпадение периодов выработки энергии и потребности в ней
- нерентабельность в высоких широтах
- необходимость аккумуляции энергии
- высокая стоимость конструкции, связанная с применением редких элементов
- необходимость обслуживания (периодической очистки поверхностей от загрязнения)

Известны два способа преобразования солнечной энергии: световой и тепловой. В основе принципа работы солнечной тепловой энергии лежит использование её для нагрева вещества через тепловые коллекторы, а в основе световой энергии - преобразование энергии света непосредственно в электрический ток [3].

Несмотря на постоянно растущее внимание к солнечным панелям как источнику энергии на объектах морской техники, они так и не нашли широкого применения. В настоящее время наиболее известны два судна с использованием солнечных панелей в электродвижении. Одно из них – это катамаран «Planet solar turanor», внешний вид которого показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Катамаран «Planet Solar Turanor»

Судно «Planet solar turanor» считается крупнейшим в мире на солнечных панелях. Оно спущено на воду 31 марта 2010 г., 4 мая 2012 г. пришвартовалось в порт Монако, откуда начало своё кругосветное плавание 27 сентября 2010 г.

Восемь лет были отданы проекту по созданию данного катамарана, 19 месяцев длилось кругосветное путешествие (584 дня, 23 ч. и 31 минуту), 38 000 солнечных элементов функционировали безупречно. Пройдено около 60 тысяч километров пути, причем исключительно на солнечной энергии. «Planet Solar Turanor» вошел в книгу рекордов Гиннеса за самое быстрое пересечение Атлантического океана.

Солнечные панели, площадь поверхности которых составляет почти 500 квадратных метров, имеют суммарную мощность 93,5 кВт и питают два электрических двигателя, которые позволяют катамарану развивать скорость до 24 км/час (14 узлов). А благодаря установленным на борту гигантских литиево-ионных аккумуляторов массой 11 тонн, катамаран может продолжать движение даже в самую облачную погоду в течение трех дней.

При длине 31 м, ширине 15 м, водоизмещением 85 тонн, судно комфортно может вместить на борту до 50 человек. «Planet Solar Turanor» стоил 18 миллионов евро (\$26 миллионов).

Судно с парусами из солнечных батарей австрийской судостроительной компании «Solar Sailor» изображено на рисунке 3



Рисунок 3 – Внешний вид судна Suntech VIP компании «Solar Sailor»

Одно из первых солнечных гибридных судов – Suntech VIP. Максимальная скорость, с которой судно способно рассекать морскую гладь, равна 16 уз (29,6 км/ч). Источники электропитания экскурсионного прогулочного судна – солнечные батареи, исполненные в виде парусов. Вертикальное размещение

гибких солнечных элементов позволяет максимально улавливать солнечные лучи, регулируя угол поворота парусных элементов, и параллельно извлекать пользу от порывов ветра.

Применение энергии ветра в судостроении

Другим перспективным направлением применения возобновляемых источников энергии на судах является ветроэнергетика. Ветер как вид судовой движущей силы имеет достаточно долгую историю технологического роста: начиная от парусных судов, заканчивая судами с размещенными на борту ветрогенераторами. Существуют проекты с использованием современных вертикальных ветроэнергетических установок, интегрированных в конструкцию судна.

Можно выделить два вида ветроустановок (ВУ), предназначенных для морского транспорта: роторные паруса и ветрогенераторы.

Разработано большое количество конструкций ВУ. В зависимости от ориентации оси вращения по отношению к направлению потока ВУ классифицируют на конструкции с горизонтальной и вертикальной осью вращения.

ВУ с горизонтальной осью вращения подразделяются на конструкции с параллельным направлением ветрового потока и перпендикулярным направлением ветра (подобные водяному колесу).

Также суда с ВУ классифицируются на суда, движущиеся за счет генерации энергии, полученной из силы ветра и суда, движущиеся за счет силы ветра, образующейся за счет движения вспомогательного двигателя.

Наибольшее распространение получили суда с ВУ второго типа с вертикальной осью вращения, к которым можно отнести роторные. Эти суда имеют особое устройство ротор (в виде вращающихся башен), которое позволяет рационально использовать основную энергию для их движения. Данные виды судов могут иметь на борту от одного до четырёх устройств, которые вращаются вспомогательным двигателем.

Примером данного типа судов является грузовое судно Германского коммерческого флота «E-SHIP 1» изображено на рисунке 4.

Судно имеет четыре колонны ветряных движителей, использующие эффект Магнуса. Роторы служат вспомогательными, а главными двигателями являются два дизеля мощностью 3.5 МВт. Высота роторов 27 м, диаметр 4 м. Скорость судна достигает 16 уз в ходовом режиме при использовании ветроустановок. При этом экономия топлива достигает 40%.

Примером судна с ветрогенераторам является Stena Jutlandica пассажирский паром, работающий на линии Гетеборг-Фредериксхавн изображен на рисунке 5



Рисунок 4 – Грузовое судно «E-SHIP 1»



Рисунок 5 – Ветрогенераторы на судне Stena Jutlandica

На носу судна установлены две ветровые турбины, что способствует получению дополнительной энергии и снижению расхода топлива.

Генераторы, приводимые в действие вертикальными турбинами, установлены на специальных четырехметровых мачтах в носовой части судна. Ожидается, что два генератора за год будут вырабатывать 23000 кВт×ч электроэнергии, и за счёт этого планируется экономить 80-90 т топлива ежегодно.

К достоинствам таких движителей следует отнести: – хорошие маневренные качества (двухроторное судно может разворачиваться в любую сторону без использования руля);

– простоту обслуживания.

Однако они имеют и ряд недостатков:

– размещение на борту вспомогательного двигателя для вращения ротора;

– судно должно лавировать при движении не только против ветра, но и при попутных ветрах.

– роторы, как и паруса, зависят от ветра

– низкие аэродинамические характеристики.

Выводы

1. Внедрение энерго- и экологически эффективных технологий в судостроении становится всё более актуальным благодаря развитию научного и инжинирингового потенциала в этой отрасли.

2. Современное развитие техники пока не позволяет говорить о солнечных панелях и ветроустановках как об альтернативе традиционным источникам энергии на морском транспорте. Лишь единицы судов используют так или иначе энергию возобновляемых источников. Опыт задействования установок носит скорее экспериментальный характер.

3. Основными общими недостатками установок, использующих альтернативные виды энергии на судах, следует признать большую стоимость и низкую производительность.

Библиографический список

1 Васильев, Ю.С. Экология использования возобновляющихся энергоисточников / Ю.С. Васильев, Н.И. Христанов. – Ленинград: Издательство ЛГУ, 1991. – 343 с.

2 Применение солнечных батарей на объектах морской инфраструктуры / С.В. Кононенко [и др.] // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2018. – № 3. – С.101-106.

3 Бурмакин, О.А. Возобновляемые источники энергии в судовой электроэнергетической системе / О.А. Бурмакин, Ю.С. Малышев, Ю.В. Варечкин // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2015. – № 42. – С. 263-268.

4 Тимофеев, С.С. Альтернативные источники энергии в судовых энергетических системах/ С.С.Тимофеев // Завалишинские чтения 17: сборник докладов. – 2017. – С. 217-222.

**ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ЛЕДОКОЛА.
ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
УСТРОЙСТВА**

Балашов Михаил Георгиевич
кандидат технических наук, доцент
Фадиль Аббас Сулейман Ремахович
Студент

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

**THE ICEBREAKER'S ANTI-ICING DEVICE. A PROMISING DIRECTION
FOR IMPROVING THE DEVICE**

Balashov Michail Georgievich
Candidate of Technical Science, Assistant Professor
Fadil Abbas Suleiman Remakhovich
Student

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

АННОТАЦИЯ. Целью работы является совершенствование способа защиты ледокола от обледенения улучшая его ледопроницаемость. Методика состоит в подаче перегретого пара изнутри к ледовому поясу судна. Результат – улучшение ледопроницаемости судна. Вывод – нагретый ледовый пояс позволяет лучше идти ледоколу сквозь льды непрерывным ходом.

Ключевые слова: обледенение; ледопроницаемость; противобледенительное устройство.

ABSTRACT. The aim of the work is to improve the method of protecting the icebreaker from icing by improving its ice permeability. The technique consists in supplying superheated steam from the inside to the ice belt of the vessel. The result is an improvement in the ice penetration of the vessel. The conclusion is that the heated ice belt makes it better for the icebreaker to go through the ice in a continuous course.

Keywords: icing; ice penetration; anti-icing device.

Введение

Судостроение является значимой отраслью машиностроения, которая занимается проектированием, строительством и ремонтом судов. Машиностроение играет важную роль в судостроении, предоставляя технические решения и компоненты для создания судов и судовых систем. Оно

обеспечивает разработку, проектирование, изготовление и установку механических и электрических систем, необходимых для работы судна.

Одной из ключевых задач в судостроении является строительство ледокольного флота для развития Северного Морского Пути.

Северный морской путь (СМП) – судоходный маршрут в Российской Арктике. До начала XX века использовалось название Северо-Восточный проход. Проходит вдоль северных берегов России по морям Северного Ледовитого океана (Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское и Берингово), соединяет в единую транспортную систему европейские и дальневосточные порты РФ, а также устья судоходных сибирских рек. Длина СМП от пролива Карские Ворота (у архипелага Новая Земля) до бухты Провидения (в районе Берингова пролива) – 5,6 тыс. км. Маршрут через СМП почти в два раза короче других морских путей из Европы на Дальний Восток: так, от Санкт-Петербурга до Владивостока через Суэцкий канал – 23 200 км, а по СМП – 14 280 км (на 40% короче).

Ледокольный флот обеспечивает навигацию на трассе Северного Морского пути, позволяя караванам транспортных судов достигать портов в северных широтах. Продолжительность навигации составляет два-четыре месяца, использование ледоколов позволяет сделать ее круглогодичной.

Постановка проблемы

Одной из значимых проблем для ледоколов и судов ледового плавания является обледенение. Обледенение ледокола – это эффект облипания корпуса снежно-ледяными конгломератами при движении во льдах в условиях отрицательных значений температуры воздуха.

Конгломераты образуются вдоль бортов, непосредственно контактирующих с взламываемыми участками льда, и приводят к появлению так называемой «ледовой подушки». Её поперечные размеры достигают 10–15 м, а длина вдоль корпуса может достигать 50 м.

Формирование эффекта облипания происходит чаще всего в осенне-зимний период плаваний при температуре от -4°C до -20°C , преимущественно около -15°C . В результате обледенения в районе переменной ватерлинии – ледоколу сложнее идти сквозь лед, вынуждая затрачивать большую мощность на преодоление ледового поля.

Анализ решения данной проблемы

В качестве решения данной проблемы существует специальная система пневмообмыва корпуса ледокола (ПОУ – Пневмоомывающее устройство). ПОУ широко применяется на строящихся ледоколах и судах ледового плавания. Оно разработано и запатентовано в конце 1960-х гг. финской фирмой «Вяртсиля».

ПОУ было установлено и опробовано в натурных условиях на ледоколах «Ермак», «Капитан Сорокин». Результаты испытаний показали, что ПОУ уменьшает ледовое сопротивление практически при любых скоростях судна, но в наибольшей степени — при очень малых. При движении в торосистых льдах без работающего ПОУ судно довольно часто застревало, в то время как с включенным ПОУ, несмотря на весьма малые скорости хода, оно практически не останавливалось. На большинстве ледоколов система ПОУ выполнена в схемах в соответствии с рисунком 1.

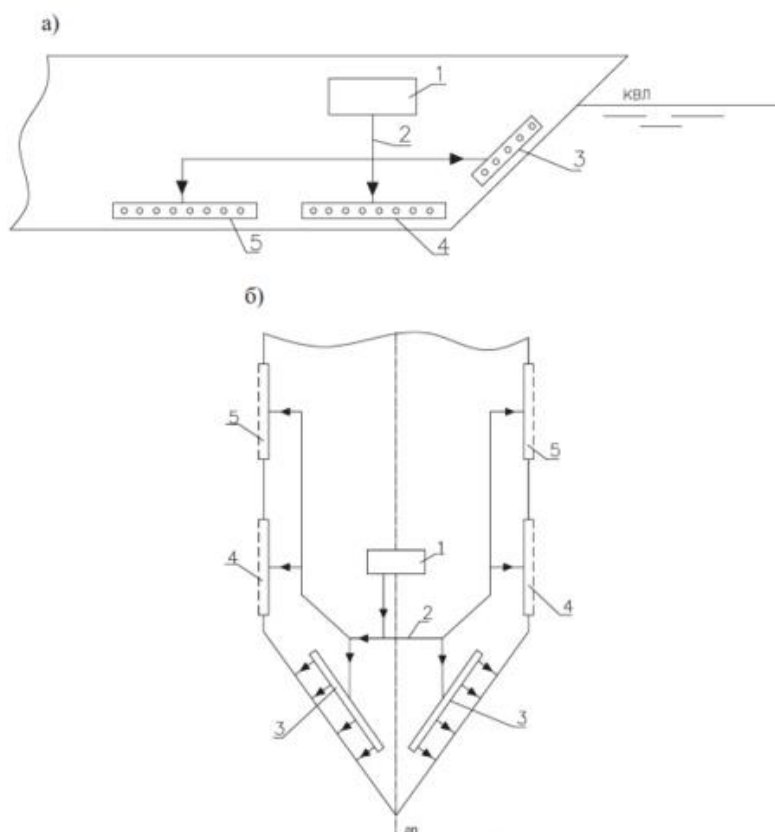


Рисунок 1 – Схемы расположения элементов противообледенительного устройства (а) и трубопроводов подвода воздуха к его каналам (б):

1 – турбонагнетательный агрегат; 2 – трубопровод подачи воздуха к выпускным соплам; 3 – первая группа сопел (носовая); 4 – вторая группа сопел; 5 – третья группа сопел

Пневмоомывающее устройство состоит из компрессора и системы труб, по которым к отверстиям в наружной обшивке корпуса, расположенным по бортам в подводной части носовой оконечности судна, подается воздух под давлением, несколько превышающим гидростатическое. Выходя из отверстий и поднимаясь вверх, воздух создает вертикальный поток воздушно-водяной смеси, образуя прослойку между корпусом судна и льдом, омывая подводную часть корпуса. Поток также отводит мелкие обломки льда от корпуса, смачивает

соприкасающийся с бортом лед и смывает с борта ледяную крошку и снег, снижая тем самым сопротивление льда движению судна.

В статье «Противообледенительное устройство ледокола как средство повышения энергоэффективности судна» [2] рассматривалась система ПОУ судна на ледоколах различных проектов. В результате проведения расчетов повышение энергоэффективности ледоколов может быть достигнута за счет снижения мощности, затрачиваемой на привод ТНА (турбонагнетательного агрегата) в результате снижения давления воздуха.

Выделение нерешенной проблемы. Направления усовершенствования противообледенительного устройства

У пневмоомывающего устройства (ПОУ) есть существенный недостаток – в результате длительной эксплуатации ледокола коррозионному разрушению подвергаются сопла, из-за чего теряется эффективность использования устройства. На рисунке 2 приведен пример результата коррозионного разрушения сопел при длительной эксплуатации ледокола.

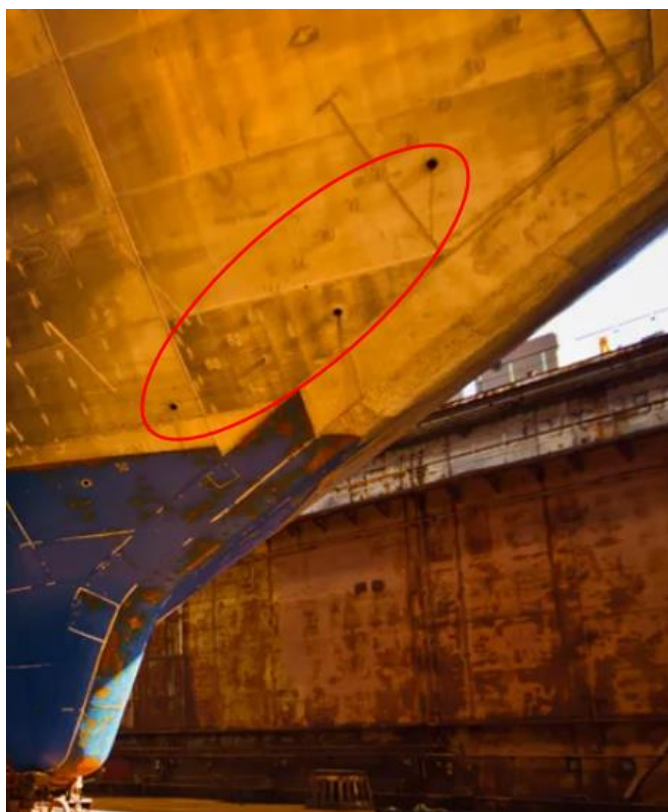


Рисунок 2 – Результат коррозионного разрушения носовых сопел ПОУ при длительной эксплуатации ледокола «50 лет Победы»

Поэтому нужен принципиально новый метод защиты корпуса судна от обледенения и улучшения его ледопроеходимости.

В книге «100 Великих чудес техники» [1], ледокол «Арктика» отмечалось: при попытках усовершенствовать систему пневмообмыва предлагали к

Постановка задачи

В качестве развития устройства предлагается к ватерлинии подавать пар изнутри, а отработанный пар конденсировать в холодильных установках.

Решение поставленной задачи. Реализация направления развития

1:2 шп. см. в нос (1:50)

4.00м. ступ.

3.77

3.00м. ступ.

1.00м. ступ.

2.00м. ступ.

2.00м. ступ.

1.00м. ступ.

1.66

10.650

6.620

6.150

4.900

3.850

Усл. 0П

Усл. ДП

ЛЕВЫЙ БОК В РАЙОНЕ 83-95 шп. (1:50)

Прям. А-А

Прям. А-А

Прям. А-А

Прям. А-А

А-А

400

600

Усл. 0П

95 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83

А-А

Поперечная переборка

Особые квартиры

Рядные квартиры

Пятикомнатные квартиры

1:50

22

Выводы

Усовершенствование противообледенительной системы ледокола дает возможность повысить эффективность эксплуатации судна в Арктической зоне, повышая ледопроездимость ледокола и защищая корпус от облипания его льдом, совершенствование устройства, представленное в работе, может служить в качестве дополнительной, вспомогательной системы противообледенения, обеспечивая круглогодичную навигацию на Северном Морском пути.

Библиографический список

1. Мусский С.А. «100 Великих чудес техники» / С.А. Мусский. – 2001. – 432 с.
2. Жуков В.А., Степанов Е.А., Ерофеев В.Л. Противообледенительное устройство ледокола как средство повышения энергоэффективности судна // Вестник. – 2022. №3 – С. 10.

АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ОФШОРНЫХ СУДОВ

Ефремова Любовь Сергеевна
старший преподаватель, аспирант

E-mail: lsefremova@sevsu.ru

Чемакина Тамара Львовна
кандидат технических наук, доцент

E-mail: tlchemakina@sevsu.ru

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

ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL FEATURES AND FUNCTIONAL PURPOSE OF MULTI-PURPOSE OFFSHORE VESSELS

Efremova Liubov

Senior Lecturer

PhD student

Chemakina Tamara

Candidate of Technical Science, Assistant Professor

Federal Autonomous Educational Institution

of Higher Education «Sevastopol State University»,

299053, Sevastopol, Str.Universitetskaja, 33

АННОТАЦИЯ. Многоцелевые офшорные суда (MPSV) играют ключевую роль в освоении шельфовых месторождений и обеспечении безопасности морских операций. Данная статья представляет аналитический обзор многоцелевых офшорных судов, их архитектурно-конструктивных особенностей и функционального назначения. Рассматриваются основные задачи судов, проведён сравнительный анализ их характеристик. Анализируются подходы к проектированию универсальных судов, способных эффективно выполнять различные задачи в сложных морских условиях, включая Арктику. Предложена оптимальная модель многоцелевого судна.

Ключевые слова: многоцелевые офшорные суда, шельфовые месторождения, архитектурно-конструктивные особенности, универсальное судно.

ABSTRACT. Multi-purpose offshore vessels (MPSVS) play a key role in the development of offshore fields and ensuring the safety of offshore operations. This article presents an analytical review of multipurpose offshore vessels, their architectural and design features and functional purpose. The main tasks of the courts are considered, a comparative analysis of their characteristics is carried out. The approaches to the design of universal vessels capable of effectively performing various tasks in difficult marine conditions, including the Arctic, are analyzed. An optimal model of a multipurpose vessel is proposed.

Keywords: multipurpose offshore vessels, offshore deposits, architectural and design features, universal vessel.

Введение

Оффшорный флот России играет решающую роль в обеспечении морской деятельности на шельфе, особенно в районах добычи нефти и газа. Обеспечивающие транспортный суд берут на себя широкий спектр задач, включая подготовку персонала и грузов, обеспечение безопасности, аварийно-спасательные операции и экологический контроль [1]. В условиях сложных морских операций важны такие характеристики, как автономность, мощность, устойчивость и ледовый класс, что особенно актуально для работы в Арктике.

Целью исследования является обзор судов оффшорного флота России, анализ их основных характеристик, а также выделение наиболее важных параметров для эффективной эксплуатации. Особое внимание будет уделено сравнительному анализу судов и выбору наиболее универсальной модели, позволяющей выполнять несколько задач одновременно.

Архитектурно-конструктивные особенности MPSV

Российский оффшорный флот представлен различными судами, построенными как для выполнения задач, так и для чрезвычайных или специальных операций. Каждое судно имеет свои уникальные характеристики, отражающие его назначение и сферу эксплуатации.

Многоцелевые офшорные суда (MPSV, Multi-Purpose Supply Vessels) занимают важное место в морской индустрии, выполняя ключевые задачи в процессе освоения шельфовых месторождений, обеспечения логистики и экстренных операций. Эти суда сочетают функции транспортных, спасательных, ледокольных и строительных судов, что делает их универсальным инструментом в сложных морских условиях, включая суровые арктические регионы [2].

Многоцелевые офшорные суда разрабатываются с учётом выполнения различных задач в морской среде. Ключевые архитектурно-конструктивные особенности включают:

- Просторные открытые палубы для размещения грузов.
- Системы динамического позиционирования (DP), обеспечивающие высокую манёвренность.
- Усиленные корпуса и высокие ледовые классы (не ниже Arc4-Arc5), обеспечивающие работу в арктических условиях.
- Гибридные энергетические системы, снижающие выбросы и эксплуатационные расходы.
- Модульная конструкция, позволяющая адаптировать судно под разные задачи (транспортировка, буксировка, подводные работы) [3].

Основные задачи многоцелевых судов оффшорного флота

Многоцелевые суда оффшорного флота (MPSV, Multi-Purpose Supply Vessels) должны выполнять следующие основные задачи (таблица 1) [4].

Таблица 1 – Основные задачи многоцелевых судов и требования к ним

Задача	Требования к судну
1. Обеспечение логистики: – перевозка бурового оборудования, запчастей, топлива и воды; – доставка грузов на открытые палубы платформ; – транспортировка грузов (топливо, продовольствие, строительные материалы); – работа в условиях удаленности и автономности.	Большая грузоподъемность, просторная открытая палуба, оборудование для крепления грузов
2. Поддержка подводных операций: – установка и обслуживание подводных кабелей и трубопроводов; – управление подводными роботами (ROV).	Динамическое позиционирование (DP), оборудование для работы с ROV, наличие подводных камер
3. Ледокольные операции: – проведение судов через ледовые поля; – обеспечение защиты платформ от ледяных масс; – прокладка маршрутов в ледовых условиях.	Высокий ледовый класс (не ниже ARC4), усиленный корпус
4. Спасательные операции: – эвакуация персонала; – оказание помощи терпящим бедствие судам; – проведение поисково-спасательных операций; – участие в тушении пожаров.	Медицинский модуль, скоростные шлюпки, краны для подъема людей
5. Мониторинг и ликвидация разливов: – локализация и сбор разлившейся нефти; – экологический мониторинг акватории, контроль уровня загрязнения воды и воздуха; – сбор данных для научных исследований.	Системы сбора нефти, химические реагенты, оборудование для очистки воды
6. Обеспечение безопасности: – проведение противопожарных операций; – поддержание связи и контроля в районе работы платформ.	Противопожарные системы, связь, оборудование для наблюдения

7. Строительные работы: – установка модулей платформ; – монтажные работы с использованием кранового оборудования.	Высокотоннажные краны, платформы для подъёма тяжёлых грузов
8. Буксировка: – транспортировка буровых платформ и судов.	Мощные лебёдки, системы крепления канатов
9. Энергоснабжение: – обеспечение электроэнергией удалённых объектов; – работа в качестве вспомогательных энергетических платформ.	Генераторы высокой мощности, автономные энергосистемы

Сравнительный анализ

Сравнение характеристик судов позволяет выделить несколько ключевых показателей, которые являются наиболее важными для эксплуатации:

1. Автономность и грузоподъемность критически важны для судов, работающих в удаленных районах Арктики и других труднодоступных местах. Например, судно «Северное сияние» обладает высокой автономностью (45 дней) и грузоподъемностью (6 000 тонн), что делает его универсальным для различных задач [5].

2. Мощность двигателей и ледовый класс важны для операций в суровых климатических условиях. Суда с высоким ледовым классом, такие как «Южный патруль» и «Северное сияние», обеспечивают безопасную работу в ледовых водах Арктики.

3. Системы автоматизации уменьшают человеческий фактор, что особенно важно в экстремальных условиях, где точность и скорость реакции имеют решающее значение.

Преимущества и недостатки современных MPSV

1. Преимущества:

- Универсальность: возможность выполнения нескольких задач.
- Высокая автономность.
- Устойчивость к экстремальным климатическим условиям.

2. Недостатки:

- Высокая стоимость строительства и эксплуатации.
- Ограничения по размеру для работы в узких проливах [6].

Судно «Северное сияние»

Архитектурные особенности:

«Северное сияние» представляет собой многоцелевое оффшорное судно (OSV) с длиной 96 метров и шириной 20 метров. Судно обладает усиленным корпусом ледового класса Arc5, что делает его пригодным для работы в суровых

условиях Арктики. Просторная открытая палуба позволяет размещать крупногабаритное оборудование, а наличие систем динамического позиционирования (DP) обеспечивает стабильность даже в сильных ветрах и подводных течениях.

Выполняемые задачи:

1. Транспортировка тяжелых грузов и строительных материалов.
2. Поддержка подводных операций: монтаж и обслуживание трубопроводов, управление подводными роботами (ROV).
3. Буксировка платформ и других судов.
4. Участие в ледокольных операциях.
5. Экологический мониторинг и ликвидация разливов нефти.

Дополнительное оборудование:

- Краны грузоподъемностью до 100 тонн.
- Модули для подводных работ.
- Системы сбора нефти и очистки воды.
- Вертолетная площадка для экстренной эвакуации.

Опыт использования:

Судно активно эксплуатируется в арктических проектах российскими судоходными компаниями. Благодаря высокой автономности (45 дней), оно выполняет сложные задачи на удаленных шельфах. Среди наиболее значимых операций можно выделить поддержку буровых работ на платформе «Приразломная».

Проект 00801

Архитектурные особенности:

Проект 00801 (рис. 1) – мелкосидящее судно ледового плавания длиной 93 метров и шириной 21 метров, предназначенное для выполнения множества задач на шельфе.



Рисунок 1 – Мелкосидящее судно ледового плавания Проект 00801

Выполняемые задачи:

Снабжение морских нефтегазовых сооружений (МНГС) расходными буровыми технологическими материалами, материально-производственными запасами.

Операции с якорями и швартовыми МНГС.

Монтажные и подводно-технические работы с применением подводных обследовательских аппаратов и водолазного оборудования контейнерного исполнения, мониторинг и обслуживание сети подводных трубопроводов.

Несение аварийно-спасательного дежурства; тушение пожаров на аварийных объектах, эвакуация экипажей, подъем людей из воды и оказание медицинской помощи спасенным.

Локализация и ликвидация аварийных разливов нефтепродуктов; доставка сменных буровых бригад.

Проект 00802

Архитектурные особенности:

Проект 00802 (рис. 2) – мелкосидящее судно ледового плавания длиной 69,5 метров и шириной 16,8 метров, предназначенное для выполнения множества задач на шельфе.



Рисунок 2 – Мелкосидящее судно ледового плавания Проект 00802

Выполняемые задачи:

Снабжение морских нефтегазовых сооружений (МНГС) расходными буровыми технологическими материалами, материально-производственными запасами.

Выполнение буксировочных работ, операции с якорями и швартовыми МНГС.

Монтажные и подводно-технические работы с применением подводных обследовательских аппаратов и водолазного оборудования контейнерного исполнения, мониторинг и обслуживание сети подводных трубопроводов.

Несение аварийно-спасательного дежурства; тушение пожаров на аварийных объектах, эвакуация экипажей, подъем людей из воды и оказание медицинской помощи спасенным.

Локализация и ликвидация аварийных разливов нефтепродуктов; доставка сменных буровых бригад.

Дополнительное оборудование:

- 20-футовый контейнер комплекса ЛАРН – 2 шт.
- Катер-бонопостановщик – 1 шт.
- Скоростная дежурная шлюпка, шт. х чел. – 1х6
- Устройство сбора и подъема людей с воды – 1 шт.
- Насос пожарный специальный – 2х800 м3/ч
- Стационарный лафетный ствол – 2х500 м3/ч

Проект 01271

Архитектурные особенности:

Проект 01271 (рис. 3) – транспортно-буксирное судно для снабжения буровых установок длиной 74,9 метров и шириной 18,8 метров, предназначенное для выполнения множества задач на шельфе.



Рисунок 3 – Транспортно-буксирное судно для снабжения буровых установок
Проект 01271

Выполняемые задачи:

Буксировка буровых установок.

Постановка буровых установок на якорь.

Снабжение морских буровых установок трубами, дизельным топливом, пресной водой, насыпными грузами (цемент, барит, бентонит), буровым и соляным растворами.

Спасательные операции в непосредственной близости от горящего судна (принимает на борт 250 человек).

Борьба с пожарами на начальной стадии.

Сбор, прием и транспортировка нефти.

Дополнительное оборудование:

- Автономная автоматическая система позиционирования.
- Система пассивного успокоения качки.
- Два ВРШ в неповоротных насадках.

Судно «Южный патруль»

Архитектурные особенности:

«Южный патруль» — универсальное судно длиной 90 метров и шириной 18 метров, предназначенное для выполнения множества задач на шельфе. Корпус усилен для работы в сложных условиях, включая ледовые. Судно оснащено системой динамического позиционирования DP2, обеспечивающей точность операций в ограниченных пространствах и при неблагоприятной погоде.

Выполняемые задачи:

1. Перевозка строительных материалов и оборудования для буровых платформ.
2. Подводные работы, включая установку кабелей и трубопроводов.
3. Буксировка объектов.
4. Поддержка подводных роботизированных систем (ROV).
5. Участие в экологических и спасательных операциях.

Дополнительное оборудование:

- Подводные камеры и системы управления ROV.
- Краны для подъема грузов массой до 80 тонн.
- Грузовые отсеки с системой крепления контейнеров.
- Интегрированная навигационная система.

Опыт использования:

«Южный патруль» успешно задействован в проектах на Каспийском море. Судно показало высокую надёжность при строительстве трубопроводов и экстренном ремонте морских платформ. Среди уникальных операций — установка подводных модулей для подключения новых месторождений.

Судно «Владимир Шумилов»

Архитектурные особенности:

«Владимир Шумилов» — многоцелевой буксир длиной 60 метров и шириной 16 метров, предназначенный для выполнения буксировочных и аварийных операций. Корпус судна выполнен из высокопрочной стали, что позволяет ему работать в сложных морских условиях, включая ледовые. Судно оборудовано мощными лебёдками и современными системами автоматизации для безопасного выполнения сложных задач.

Выполняемые задачи:

Буксировка буровых платформ, судов и других объектов.

Участие в аварийно-спасательных операциях, включая эвакуацию людей.

Проведение операций по тушению пожаров на морских объектах.

Помощь терпящим бедствие судам, в том числе в ледовых условиях.

Дополнительное оборудование:

- Мощные тяговые лебёдки, обеспечивающие безопасное буксирование.

- Противопожарное оборудование, включая водяные и пенные системы.
- Навигационные системы с высокой точностью позиционирования.
- Системы связи для координации операций в сложных условиях.

Опыт использования:

Судно активно используется в районах Северного Ледовитого океана, где ледовые условия затрудняют традиционные операции. Оно показало себя надёжным в буксировке буровых платформ для проектов в Арктике и в спасении судов, попавших в ледовые ловушки. В 2020 году «Владимир Шумилов» участвовал в операции по буксировке платформы «Северное сияние» из Мурманска к месту её установки в Баренцевом море.

Судно «Алексей Чириков»

Архитектурные особенности:

«Алексей Чириков» (рис. 4) — многоцелевое ледокольно-снабженческое судно длиной 99 метров и шириной 21 метр. Оно разработано специально для работы в экстремальных условиях Арктики. Судно имеет ледовый класс Arc7, позволяющий ему преодолевать многолетние льды толщиной до 1,7 метра. Архитектура включает усиленный корпус и адаптированную форму для минимального сопротивления в ледовых условиях. Палуба оборудована для транспортировки крупногабаритных грузов.



Рисунок 4 – Многоцелевое ледокольно-снабженческое судно «Алексей Чириков»

Выполняемые задачи:

Проведение ледокольных операций для обеспечения безопасного прохода других судов.

Логистическая поддержка буровых платформ: доставка топлива, воды, продовольствия и оборудования.

Буксировка объектов в сложных ледовых условиях.

Участие в поисково-спасательных операциях.

Мониторинг экологической обстановки и ликвидация разливов нефти.

Дополнительное оборудование:

- Ледокольный носовой и кормовой винторулевой комплекс.
- Динамическое позиционирование (DP2) для точного удержания позиции.
- Мощные краны для работы с тяжёлыми грузами.
- Системы экологического мониторинга и оборудования для ликвидации нефтяных разливов.
- Медицинский модуль для экстренной помощи.

Опыт использования:

«Алексей Чириков» активно используется в проектах на шельфе российского Арктического региона. Одним из его наиболее успешных применений стало участие в обеспечении операции на месторождении «Штокмановское». Судно эффективно доставляло оборудование и продовольствие для буровой платформы, проводило ледокольные операции и участвовало в мониторинге экологической безопасности в регионе.

Судно «Иван Сидоренко»

Архитектурные особенности:

«Иван Сидоренко» (рис. 5) — ледокольно-снабженческое судно длиной 100 метров и шириной 22 метра, разработанное для работы в условиях сурового Арктического климата. Судно имеет ледовый класс Arc7, что позволяет ему преодолевать льды толщиной до 1,7 метра. Его конструкция включает усиленный корпус, мощные винторулевые колонки и адаптированную форму для работы в ледовых и штормовых условиях.



Рисунок 5 – Ледокольно-снабженческое судно «Иван Сидоренко»

Выполняемые задачи:

Проведение ледокольных операций, прокладка маршрутов для судов и защиты буровых платформ.

Транспортировка бурового оборудования, топлива, воды и продовольствия.

Буксировка морских объектов, включая платформы и суда.

Ликвидация разливов нефти и экологический мониторинг.

Поддержка строительных и монтажных работ на шельфе.

Дополнительное оборудование:

- Ледокольный винторулевой комплекс, обеспечивающий высокую манёвренность.
- Краны с грузоподъемностью до 120 тонн.
- Динамическая система позиционирования (DP2) для работы в ограниченном пространстве.
- Оборудование для ликвидации разливов нефти и очистки воды.
- Просторная открытая палуба для крупногабаритных грузов.

Опыт использования:

Судно «Иван Сидоренко» успешно эксплуатируется в арктических проектах, включая обеспечение логистики на месторождении «Приразломное». Его возможности позволяют доставлять крупные грузы в отдалённые районы шельфа, преодолевая тяжёлые ледовые условия. В 2021 году судно участвовало в буксировке плавучей буровой установки из Архангельска на Арктическое месторождение, продемонстрировав высокую надёжность и эффективность.

Судно «Витус Беринг»

Архитектурные особенности:

«Витус Беринг» (рис. 7) — это многоцелевое ледокольно-снабженческое судно длиной 100 метров и шириной 22 метра. Разработанное для работы в суровых условиях Арктики, оно имеет ледовый класс Arc7, позволяющий безопасно оперировать в многолетних льдах толщиной до 1,8 метра. Судно отличается усиленным корпусом, высокотехнологичным оборудованием и адаптированной формой для эффективного преодоления ледяных полей. На борту также предусмотрена просторная грузовая палуба для транспортировки тяжёлых и крупногабаритных грузов.



Рисунок 7 – Многоцелевое ледокольно-снабженческое судно «Витус Беринг»

Выполняемые задачи:

Ледокольные операции: прокладка маршрутов для судов через ледовые поля.

Транспортировка топлива, продовольствия, воды и оборудования на удалённые буровые платформы.

Буксировка морских объектов, включая платформы и другие суда.

Участие в спасательных операциях и эвакуации персонала.

Экологический мониторинг и ликвидация разливов нефти.

Дополнительное оборудование:

- Мощные ледокольные винторулевые колонки, обеспечивающие высокую манёвренность.
- Краны с грузоподъемностью до 150 тонн для работы с тяжёлыми грузами.
- Система динамического позиционирования (DP2) для точного удержания позиции при сложных операциях.
- Модули для ликвидации нефтяных разливов и системы очистки воды.
- Комфортабельные каюты для экипажа и специалистов, работающих на шельфе.

Опыт использования:

«Витус Беринг» активно эксплуатируется в российских и международных проектах на шельфе. Его надёжность и мощь обеспечили успешное участие в многочисленных операциях в районах Северного Ледовитого океана. В 2022 году судно принимало участие в буксировке и снабжении платформы «Южный поток», демонстрируя свою универсальность и эффективность. Также оно успешно использовалось для ликвидации экологических аварий, включая разлив нефти на шельфе в районе Карского моря [7].

Выводы

Многоцелевые офшорные суда обеспечивают широкий спектр задач в сложных морских условиях. Их универсальность, модернизированные технологии и модульная архитектура делают их ключевыми инструментами для развития шельфовых месторождений и обеспечения безопасности. Рекомендуется дальнейшая модернизация судов с акцентом на экологичность и энергоэффективность.

На основании анализа наиболее универсальным судном является «Северное сияние». Оно сочетает высокую автономность (45 дней), мощность, высокую грузоподъёмность и адаптацию для работы в арктических условиях. Судно выполняет наиболее полный спектр задач, а именно: обеспечение логистики, поддержка подводных операций, буксировка платформ и других судов, участие в ледокольных операциях, экологический мониторинг и ликвидация разливов нефти.

Библиографический список

1 Правила классификации и постройки морских судов: утв. Российским морским регистром судоходства 01.01.2023 // Часть I: классификация. НД № 2-020101-138. Санкт-Петербург, 2023. 116 с.

2 Григорьев М. Н. Развитие транзитного потенциала Северного морского пути // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2019. № 12 (5). С. 109–129. DOI: <https://doi.org/10.23932/2542-0240-2019-12-5-109-129>.

3 Транспорт в России. 2022: Стат. сб. М.: Росстат, 2022. С. 101

4 Лебедев, И.В. «Современные технологии в судостроении и судоходстве на шельфе». Научный вестник транспорта.

5 Официальный сайт «Росморфлота», www.ros.ru

6 Степанов, М.Н. «Суда и их роль в освоении морских месторождений». Морское дело, 2022.

7 Официальный сайт ОСК, <https://www.aoosk.ru>

ТИПЫ СУДОВЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

Заименко Виктория Константиновна

студентка

Балашов Михаил Георгиевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: mgbalashov@sevsu.ru

Мылымко Вячеслав Степанович

Старший преподаватель

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

TYPES OF MARINE PROPULSION

Zaimenko Victoria Konstantinovna

Student

Balashov Michail Georgievich

Candidate of Technical Science, Assistant Professor

Mylymko Vyacheslav Stepanovich

Senior Lecturer

*Federal State Educational Institution
of Higher Education "Sevastopol State University"*

Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. Делается обзор применяемых движителей для движения судов по водной поверхности.

Ключевые слова: движители, паруса, гребные винты, гребные колеса.

ABSTRACT. An overview of the propellers used for the movement of ships on the water surface is made.

Keywords: propellers, sails, propellers, paddle wheels.

Введение

Современные суда различного назначения используют для преобразования механической энергии энергетических установок в поступательное движение главным образом винты постоянного или регулируемого шага. Но история мореплавания показывает, что использовались ранее и в настоящее время имеют право на жизнь и другие движители: весла, паруса, крыльчатые движители, гребные колеса, водометы различной конструкции.

По своему принципу действия современные движители делятся на активные и реактивные, а последние, в свою очередь, – на гидрореактивные и воздушно-реактивные.

Активный движитель – парус, создающий движущую силу за счет энергии ветра.

Движители, создающие движущую силу за счет реакции отбрасываемых назад масс воды, называются гидрореактивными. К ним относятся весло, гребное колесо, винт, крыльчатый и водометный движители.

Изложение основного материала

С незапамятных времен до сегодняшних дней пользуется человек простейшим движителем – **гребным веслом**. С его помощью движение происходит за счет реакции масс воды, отбрасываемой в сторону, противоположную движению судна.

Одним из древнейших движителей является и **парус** (рисунок 1). Проекция на диаметрально противоположную плоскость подъемной силы Y , приложенной к парусу, представляет собой движущую силу P (T – сила дрейфа). Если скорость ветра изобразить вектором I , скорость ветра относительно судна – вектором W , то вектор V будет равным по величине и противоположным по направлению скорости судна.

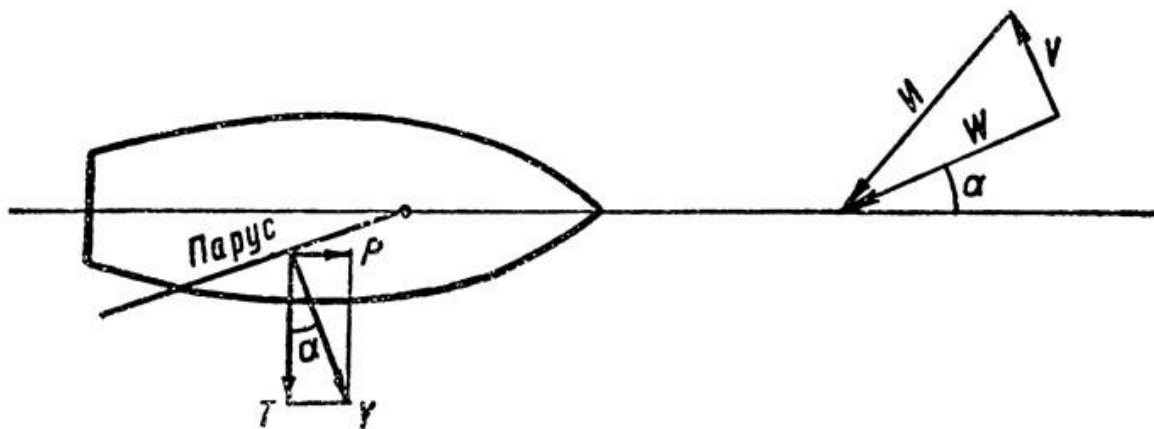


Рисунок 1 – Активный движитель – парус

Первые паруса были одинарные. Изготавливали их сначала из кожи животных, а затем – из папируса и тонких бамбуковых дранок. Шить паруса из холста (парусины) люди научились намного позже, когда сумели получать из различных материалов холст.

XVI–XVIII века – период наибольшего развития парусного флота. В те времена появилось очень много отдельных частей парусов, названия которых выбирались не произвольно, а соответствовали определенной классификации.

Они зависели от того, на какой мачте или в каком ярусе парусов находилась снасть.

Последующим, более совершенным движителем в судоходстве стали **гребные колеса**. Размещались они, как правило, по бортам судна и имели горизонтальную ось вращения, перпендикулярную направлению движения. Были две их конструктивные схемы: с неподвижными и поворотными плицами (лопастями) (рисунок 2, 3).

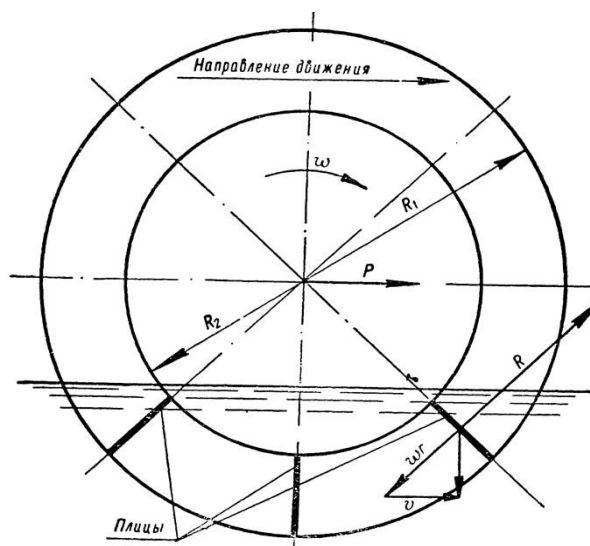


Рисунок 2 – Гребное колесо с неподвижными плицами

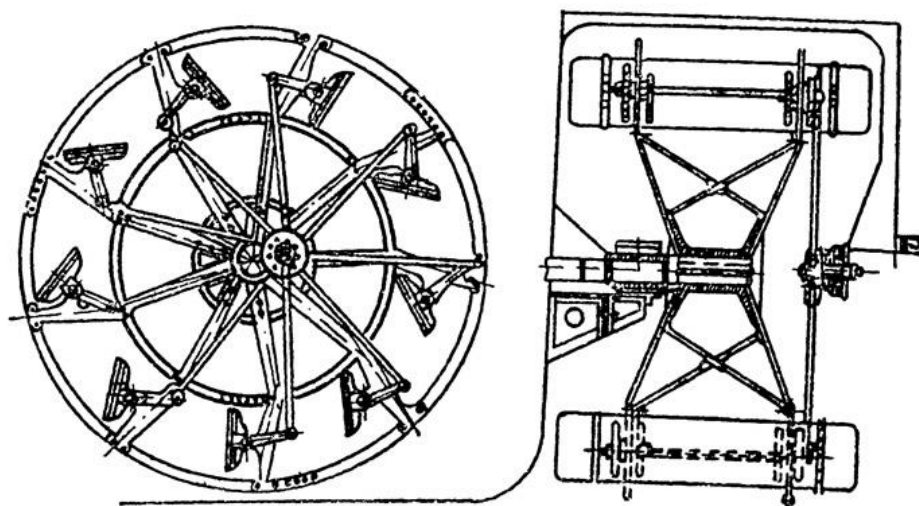


Рисунок 3 – Гребное колесо с поворотными плицами

Принцип хода судна при этих движителях заключается в следующем. Утопленные частично колеса отбрасывают лопастями воду назад и создают упор, который через вал передается судну, и оно начинает двигаться.

КПД гребных колес сравнительно высок, и упор они создают большой. Но сам их вес и стоимость намного больше, чем гребных винтов. К тому же, гребные колеса намного увеличивают габариты судна, и они малоэффективны на

волнении. По этой причине колеса устанавливают речных буксирах и грузопассажирских судах, осадка которых незначительна.

Простота устройства и работы, надежность в эксплуатации и высокий коэффициент полезного действия – эти характеристики сделали **гребной винт** самым распространенным в судостроении (рисунок 4).

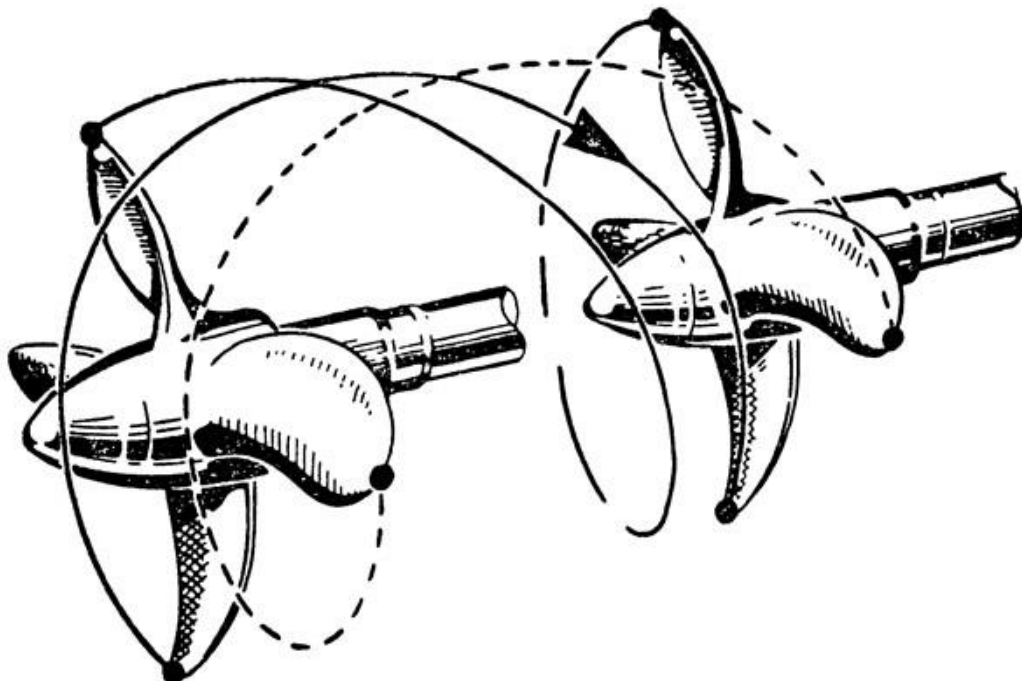


Рисунок 4 – Гребной винт

Проект судна с винтом Архимеда впервые в 1752 году разработал член Петербургской Академии наук Даниил Бернулли. Он имел вид двухзаходного червяка, который устанавливался в трубе за кормой судна, перед рулем. Через три четверти века, в 1826 году чешский инженер Иосиф Рессел запатентовал винт с полной винтовой поверхностью. Интересно отметить, что при испытании такой конструкции англичанином Генри Смитом часть винта от удара об камень отломилась. Но после аварии судно пошло... быстрее. Этот случай навел на мысль использовать для гребного винта только часть винтовой поверхности, а именно – лопасти.

В 1843 году корабелом И. А. Амосовым был построен первый русский пароход «Отважный» с винтовым двигателем.

Современные гребные винты по своей конструкции подразделяются на два типа: цельные (в них ступицы с лопастями изготавливаются совместно) и винты со съемными лопастями. Последние применяются на судах, плавающих во льдах. Эти винты имеют еще одно название – винты фиксированного шага (ВФШ), а винт с механизмами, поворачивающими лопасти в ступице и изменяющие его шаг, называются винтом регулируемого шага (ВРШ).

ВФШ (см. рисунок 4) бывают цельными, литыми, сварными или штампованными. Состоят они из таких элементов: ступицы, представляющей собой втулку, насаживаемую на конус шейки гребного вала, и лопастей, расположенных на ступице. Та часть лопасти, которая соединяет ее со ступицей, называется корнем лопасти, а верхняя – вершиной, или концом. Имеют свои названия и поверхности лопастей. Та, что обращена в сторону судна – засасывающая поверхность. Противоположная ей – нагнетающая, в большинстве случаев представляющая собой правильную винтовую поверхность. Пересечение засасывающей и нагнетающей поверхностей образуют кромки лопастей.

Диаметр окружности, описанной вершиной лопасти, называется диаметром гребного винта D . У крупных судов он достигает до 9 м.

Различают гребные винты правого и левого вращения. Правила их различия такие (при взгляде с кормы): если винт заворачивается вращением по часовой стрелке – это винт правого вращения, а если против – левого.

Высокий КПД (до 0,7–0,8), небольшой вес и большая надежность – таковы отличительные характеристики гребных винтов. Размещают их обычно в кормовой оконечности. А на ледоколах, паромах и некоторых других судах, кроме кормовых, устанавливают и носовые винты. Чаще всего на судне имеется либо один в диаметральной плоскости, либо два винта, установленные симметрично по бортам. Реже бывают трех- и четырехвинтовые суда.

Передача мощности гребному винту от двигателя происходит через горизонтальный или наклонный гребной вал. Надо заметить, что у одновинтовых судов вал опирается на подшипник, расположенный в кормовой оконечности, а бортовые валы – на кронштейны или на так называемые выкружки гребных валов.

Как правило, на каждом гребном валу имеется один винт. Но иногда, в целях повышения КПД, применяют конструкцию из двух соосных винтов, которые вращаются в противоположные стороны. При этом внутри полого вала помещают второй вал. Один из винтов вращает наружный вал, а второй – внутренний (рисунок 5). Бывают, но редко, конструкции с двумя винтами, вращающимися в одну сторону. Их называют **винтами тандем** – спаренными (рисунок 6).

Чтобы изменять направление вращения винта (для реверсирования), нужно менять направление вращения вала двигателя на противоположное или же привести гребной вал во вращение с помощью специального двигателя заднего хода. Для упрощения этих операций используют винты с поворотными лопастями – ВРШ (рисунок 7). Такие винты имеют конструкцию, позволяющую обеспечивать поворот лопастей в ступице во время работы винта на ходу судна

из поста управления, расположенного в рубке. Этот поворот изменяет шаг винта, что, в свою очередь, изменяет величину создаваемого им упора. В результате скорость хода судна при неизменном числе оборотов гребного вала может увеличиваться или уменьшаться. Эти винты могут также изменять и направление движения судна, при наличии двух винтовой компоновки по бортам и работе винтов враздрай.

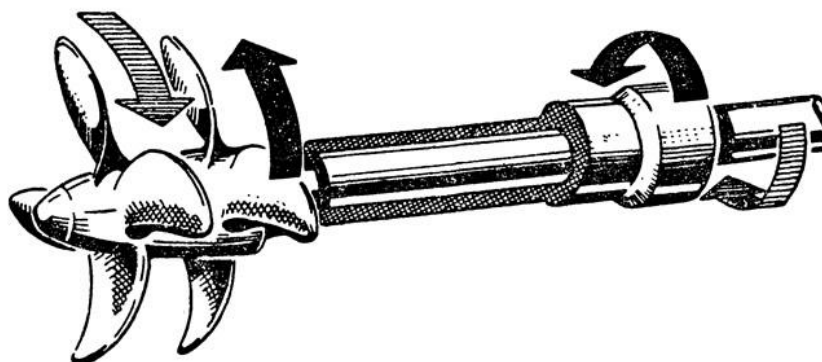


Рисунок 5 – Гребной винт парный

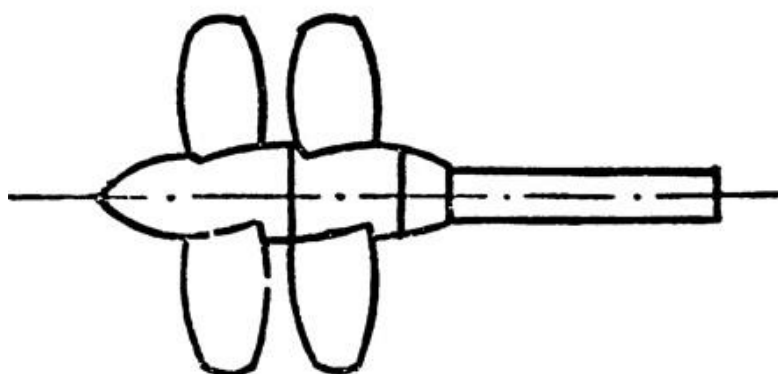


Рисунок 6 – Гребной винт тандем

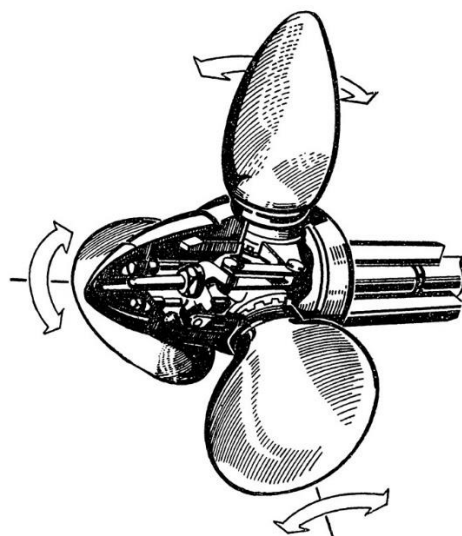


Рисунок 7 – Гребной винт регулируемого шага (ВРШ)

Диск с вертикальной осью вращения и с 4–8 стальными лопастями, которые вращаются вокруг своих продольных осей, параллельных оси вращаемого диска, представляет собой **крыльчатый движитель** (рисунок 8). Монтируется он так, что из корпуса выступают одни только лопасти. Во вращение диск приводится главным двигателем. Лопасти могут поворачиваться вокруг своей продольной оси на некоторый угол при помощи эксцентрикового устройства, которое находится внутри диска.

На лопастях, при вращении диска, как на крыле, возникает подъемная сила. Ее составляющая и создает упорное давление. Когда лопасти поворачиваются, изменяются величина упора и его направление. Благодаря этому можно изменять направление судна без руля. Оставляя неизменными скорость и направление вращения главной силовой установки, можно также варьировать величину упора или останавливать судно.

Конструкция крыльчатого движителя сложная, а стоимость большая. Масса его больше массы гребного винта. Размещается этот движитель только под днищем или на плоских малого наклона поверхностях в оконечностях. Применение такого движителя целесообразно на портовых буксирах, паромках, плавучих кранах, дноуглубительных снарядах, то есть на тех судах, для которых особенно важны высокие маневренные качества.

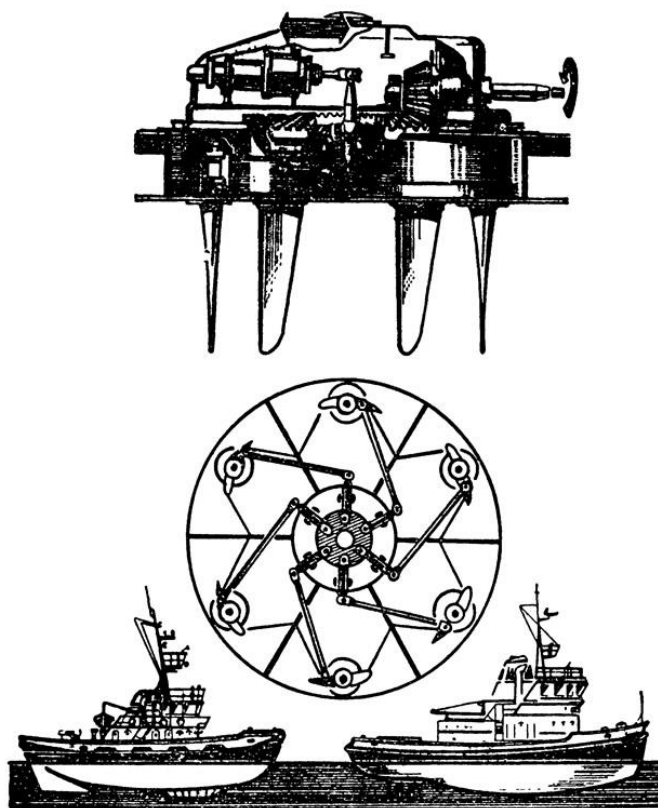


Рисунок 8 – Крыльчатый движитель

Водометные движители (рисунок 9), состоят из водопроточных труб или каналов. Внутри этих труб (каналов) располагается насос, засасывающий воду через приемное отверстие и выбрасывающий ее через напорный трубопровод. Струя воды, устремляющаяся в сторону, противоположную движению, и создает силу тяги. Водометы бывают двух видов: у одних струя направляется под воду, у других – в атмосферу.

Обычно рабочим органом водометных движителей являются осевые пропеллерные насосы. Они могут быть одно-и многоступенчатыми, реже – центробежными.

Для поворота выбрасываемой струи водометные движители оборудуются устройствами, выполненными в виде насадок, а также специальными заслонками, которые служат для изменения направления струи. Благодаря этому судно обладает реверсированием хода без изменения направления вращения гребного вала. Водометных движители применяются на судах, которые плавают в загрязненных акваториях, на мелководье и на быстроходных судах глиссирующего типа и на подводных крыльях. В условиях эксплуатации водометы обладают лучшей защищенностью рабочего органа.

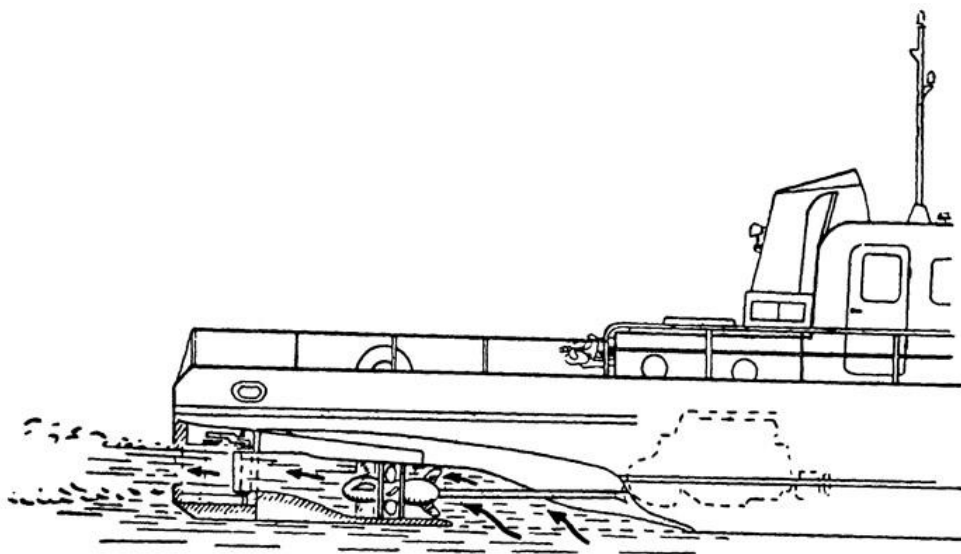


Рисунок 9 – Водометный движитель

Выводы

Все названные выше движители, за исключением парусов, создают упор за счет отбрасывания масс воды. Но есть и такие суда, которые во время своего хода не имеют контакта с водой: экранопланы и суда на воздушной подушке. Движителями у них являются воздушные винты, располагающиеся в насадке или в свободном потоке. Принцип действия названных движителей совершенно схож с действием гребного винта, работающего в воде.

Библиографический список

1. Ф.М. Кацман. Конструирование винто-рулевых комплексов морских судов / Ф.М. Кацман, Г.М. Кудреватый – Л.: «Судостроение», 1974. – 376 с.
2. Р. Вогелс. Гребной винт морского судна, лопасть гребного винте и способ установки гребного винта морского судна. Патент на изобретение RU 2781501 С1, 12.10.2022.
3. Г.В. Егоров, М.А. Кутейников, А.Г. Егоров. О нормировании величины зазора между гребным винтом и корпусом судна // Морской вестник №2(66). 2018. С. 7-10
4. Сидоренко Ю.З. Теория и устройство судна. Раздел 2 Теория судна. Конспект лекций / Ю.З.Сидоренко –Керчь: Изд-во ФГБОУ ВО КГМТУ, 2020. – 85 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОРСКИХ ВОЛНОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕРЕГОВЫХ ЗОН

Камаев Александр Сергеевич

аспирант

E-mail: a.k.serg@yandex.ru

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

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS AND COMPARISON OF EXISTING MARINE WAVE PROTECTION STRUCTURES TO ENSURE COASTAL ZONES

Kamaev Alexandr

PhD student

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

АННОТАЦИЯ В статье рассмотрены типы стационарных и плавучих волнозащитных сооружений, их эффективность использования на водных пространствах, таких как: реки, моря и океаны. Цели исследования – обеспечения прибрежных зон, береговых линий, портов и акваторий от разрушений волновых воздействий. В сравнении плавучих волнозащитных сооружений были рассмотрены методы крепления плавучих сооружений ко дну с помощью якорей, тросов, цепей и свай. Эффективность крепления плавучих сооружений зависит от требований эксплуатации и условия объекта. Для использования на больших расстояниях выбран способ – комбинированное крепление (якорь со сваями). Проведенные исследования позволили оценить актуальность темы в различных странах (Россия, США, Великобритания, Япония и др. страны).

Ключевые слова: морские плавучие волнозащитные сооружения, стационарные волнозащитные сооружения, плавучий волнолом, береговые линии, прибрежные зоны, точки позиционирования.

ABSTRACT. The article discusses the types of stationary and floating wave protection structures, their effectiveness in using water spaces such as rivers, seas and oceans. The purpose of the study is to protect coastal zones, coastlines, ports and water areas from the destruction of wave impacts. In comparison of floating wave protection structures, methods of fastening floating structures to the bottom using anchors, cables, chains and piles were considered. The effectiveness of fixing floating structures depends on the requirements of operation and the conditions of the facility. For use over long distances, the method chosen is a combined fastening

(anchor with piles). The conducted research made it possible to assess the relevance of the topic in various countries (Russia, USA, Great Britain, Japan, and other countries).

Keywords: offshore floating wave protection structures, stationary wave protection structures, floating breakwater, coastlines, coastal zones, positioning points.

Введение

Цель исследования морских плавучих волнозащитных сооружений заключается в обеспечении прибрежных зон, береговых линий, акваторий от волновых разрушений морского берега и выбора точки крепления данного сооружения (якорная система, свайное крепление, балластное крепление и комбинированное крепление – якорь со сваями).

Данная тема является актуальной в наше время по всем странам мира, и особенно в России, которая омывается 13 морями, включая внутреннее Каспийское море. Эти моря относятся к бассейнам трех океанов: Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого.

Главной задачей является выбор морского плавучего волнозащитного сооружения по техническим и другим параметрам, которые будут эффективно выполнять свою функцию против волновых воздействий на береговые линии, акватории, порты и в других целях.

Морские плавучие волнозащитные устройства представляют собой плавучий волнолом или плавучий понтон, который защищает берега, порты, марины, пляжи и прибрежные постройки от разрушительного воздействия волн. Эти конструкции устанавливаются на пути следования волн и эффективно рассеивают их энергию, создавая внутри огороженного пространства участок спокойной воды, где обычно располагаются гавани, набережные и рекреационные зоны.

Плавучему волнозащитному сооружению необходимо закрепиться ко дну, для устойчивости конструкции на водном пространстве. Существует несколько основных способов крепления, которые используются в зависимости от условий акватории, глубины, силы волн и ветровых нагрузок. Рассмотрим основные способы фиксации:

Якорное крепление

Плавучее сооружение удерживается в нужной позиции с помощью системы якорей и тросов (цепей), закрепленных на морском дне.

Преимущество якорной системы заключается в простоте установки, возможности использования на значительных глубинах; изменении натяжения тросов и легкость перемещения конструкции. К недостаткам: необходим постоянный контроль состояния якорей, тросов и цепей; ограниченная

эффективность в условиях сильных волнений или мощных течений; требуется большой вес или площадь якорей для надежного крепления.

Свайное крепление

Конструкция фиксируется на вертикальных или наклонных сваях, которые забиваются в морское дно. Сваи удерживают плавучее волнозащитное сооружение на месте, препятствуя его движению.

Преимущество свайного крепления: высокая устойчивость, при сильных волнах и ветров; долговечность работы; эффективность, при значительных нагрузках, включая шторма. К недостаткам можно отнести: высокая стоимость установки; ограничение на глубину; сложность демонтажа или переноса конструкции.

Балластное крепление

Плавучий волнолом удерживается на месте за счёт массивного балласта, который располагается на дне или внутри конструкции. Балласт создает устойчивость благодаря силе тяжести.

К преимуществу: простота установки и обслуживания; универсальность; хорошая устойчивость при умеренных волновых нагрузках. К недостаткам можно отнести: зависимость от веса балласта (для сильных волнений может потребоваться очень тяжелый балласт), ограниченная эффективность при мощных течениях.

Комбинированное крепление (якорь со сваями)

Этот метод объединяет преимущества якорного и свайного крепления. Якоря обеспечивают стабилизацию на значительных глубинах, а сваи помогают удерживать конструкцию на месте в зонах с сильным течением или волнами.

К преимуществам: высокая устойчивость при любых погодных условиях; эффективность на мелководье, так и на средних глубинах; снижает нагрузку на отдельные элементы системы. К недостаткам: сложность проектирования и монтажа; высокая стоимость.

Наиболее эффективным способом из перечисленных, можно выбрать комбинированное крепление. Так как сочетание якорей и свай обеспечивают устойчивость в условиях сильного волнения, ветра и течения; также использование данного метода подходит для различных условий акватории, включая глубокие и мелководные зоны; оно снижает нагрузку на каждый элемент системы, продлевая их срок службы.

Стационарное волнозащитное сооружение представляет собой конструкцию, предназначенную для защиты берега, портов, марин и прибрежных построек от разрушительного воздействия волн. Эти сооружения

устанавливаются на пути следования волн и благодаря своей массивности эффективно рассеивают энергию водных колебаний, создавая внутри огороженного пространства участок спокойной воды, где обычно располагаются гавани, набережные, рекреационные зоны и другие объекты [2].

Береговые линии играют важную роль в экономике и экологии многих стран. Они являются местом сосредоточения портов, туристических зон, промышленных предприятий и уникальных экосистем. Однако воздействие морских волн, штормов и повышения уровня моря из-за климатических изменений представляют серьезную угрозу для этих регионов [4].

В этой статье мы рассмотрим различные типы плавучих и стационарных волнозащитных сооружений, их сравнение, также их преимущества и недостатки. Основные типы плавучих и стационарных волнозащитных сооружений представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1 – Типы плавучих волнозащитных сооружений

Наименование	Описание
Плавучий волнолом из бетонных понтонов	Состоит из отдельных бетонных, железобетонных и стальных элементов, скрепленных друг с другом, образуя непрерывную линейную конструкцию. Эти элементы могут быть различных размеров и форм, что позволяет адаптировать их к различным условиям и требованиям [3].
Монолитно-бетонный плавучий волнолом	Представляет собой более солидную конструкцию, предназначенную для установки в акваториях морей и океанов, где большие глубины делают невозможным установку стационарного волнозащитного сооружения. Волнолом наполовину скрыт под водой, его надводная часть обычно плоская. Крепления ко дну обеспечиваются с помощью системы специальных тросов и якорей, прочно удерживающих его на месте [3].
Модульные волноломы (массив-гигант, волнолом с применением гасящей камеры, с применением подводного паруса)	Состоят из отдельных модулей, которые могут быть соединены между собой. Эти модули могут быть изготовлены из различных материалов: бетон, сталь, композитные материалы или из надувных элементов. Крепятся друг с другом с помощью специальных креплений и тросов, что обеспечивает их устойчивость и фиксацию на месте.

Таблица 2 – Типы стационарных волнозащитных сооружений

Наименование	Описание
Блочно-бетонный	Состоит из множества массивных бетонных блоков, которые рассыпаны на пути волн. Эти волноломы просты и эффективны в рассеивании длинных и коротких волн, но не подходят для использования в качестве прогулочной зоны или причальной стенки [2].
Блочно-монолитный	Имеет более упорядоченную структуру из тщательно подогнанных бетонных плит, что делает его поверхность пригодной для прогулок и рыбалки. Основание такого волнолома образует сплошную преграду, эффективную против волн любой длины [2].
Волнолом из тетраэдров	Использует сложные формы тетраэдров, которые обеспечивают повышенную устойчивость конструкции. Хотя эстетически он не привлекателен, но эффективно справляется с большими штормовыми волнами и часто используется для укрепления участков берега [2].
Монолитный стационарный	Выполняет роль защиты от водной стихии и часто рассматривается как продолжение променада. На нём можно загарать, а спуски к воде позволяют использовать его в качестве временной причальной стенки.
Комбинированный блочно-монолитный	Сочетает черты блочного и монолитного сооружения, имея полосу из уложенных блоков с монолитной гладкой частью по центру, пригодной для пешеходов и велосипедистов [2].
Монолитный волнолом, усиленный отсыпкой горной породы	Вместо бетонных конструкций использует куски горной породы для укрепления стенок, что делает его конструкцию более естественной и привлекательной, а также оптимизирует затраты на строительство [2].

Сравнивая таблицы 1 и 2, можно прийти к тому, что выбор между стационарным и плавучим волнозащитным сооружением, представленные на рисунке 1 и 2, зависит от конкретных условий и требований к защите объекта, а также финансовых и экологических ограничений.



Рисунок 1 – Стационарный волнозащитный волнорез



Рисунок 2 – Плавающий волнозащитный волнорез «Китай, Россия, Нидерланды»

Рассмотрим преимущества и недостатки двух сравниваемых волнозащитных сооружений, по некоторым параметрам:

- Стационарные волнозащитные сооружения имеют преимущества: высокая эффективность в рассеивании волн; долговечность и устойчивость к экстремальным погодным условиям; могут использоваться для создания прогулочных зон и причалов; часто оснащены сигнальным навигационным оборудованием для безопасного судоходства. К недостаткам: высокая стоимость строительства и обслуживания; влияние на циркуляцию воды и экологическую ситуацию, сложность перемещения и перестройки [1].

- Преимущества плавучих волнозащитных сооружений: более низкая стоимость строительства по сравнению со стационарными аналогами; минимальное влияние на циркуляцию воды и экологическую ситуацию; легкость перемещения и перестройки; эстетически привлекательный внешний вид, также может использоваться для прогулочных зон и причалов, в зависимости от требований эксплуатации данного сооружения. К недостаткам: ограниченная эффективность при высоких и длинных волнах; требует большего внимания при эксплуатации и профилактического обслуживания [1].

Применение плавучего волнозащитного сооружения используются в некоторых регионах России: Санкт-Петербург, Калининград, Сочи, Владивосток, Новороссийск; Европа: Великобритания, Франция, Германия; Азия: Китай, Япония, Индия; Америка: США, Канада, Бразилия, Аргентина; Австрия и Новая Зеландия. Названы основные регионы стран и сами страны, где они широко применяются и обеспечивают прибрежные зоны, порта и акватории от разрушительного воздействия волн.

Исследования эффективности и сравнение морских волнозащитных сооружений, показывает, что данные сооружения являются эффективными в наше время и применяются во многих странах. Эффективность плавучего сооружения зависит от нескольких факторов: местоположения, погодные условия (ветер, течение, дожди, температурные колебания, климатические условия), область применения. Учет этих факторов при проектировании и эксплуатации плавучих волнозащитных сооружений помогает обеспечить их долговечность и эффективность в различных условиях эксплуатации.

Библиографический список

1 Стройкина Е.П. Бетонные понтоны // Строительство понтонов. – 2019. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://ypgr.ru/betonnye-pontony>.

2 «Морской бриз» // Морские волнозащитные сооружения – стационарные волноломы / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://sea-breeze.ru/interesnye-stati/morskie-volnozashhitnye-sooruzheniya-ctacionarnye-volnolomy.html>.

3 «Морской бриз» // Морские волнозащитные сооружения – плавучие волноломы / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://sea-breeze.ru/interesnye-stati/morskie-volnozashhitnye-sooruzheniya-plavuchie-volnolomy.html>.

4 Дорофеев В. С., Рогачко С. И. Воздействие ветровых волн на гидротехнические сооружения. Одесса: ОГАСА, 2012. 224 с.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ГРЕБНОГО ВИНТА НА ХОДОВЫЕ КАЧЕСТВА СУДНА

Картушов Б.В.

студент

E-mail: Nevskij1901@bk.ru

Левчук Н.А.

студент

E-mail: xcombo012@gmail.com

Прусаков А.С.

студент

E-mail: leha.prusakov@mail.ru

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

PROSPECTS OF USING COMPOSITE MATERIALS STRUCTURES FOR HYDROFOIL VESSELS

Kartushov B.V.

student

Levchuk N.A.

student

Prusakov A.S.

student

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

АННОТАЦИЯ. В статье рассматривается влияние конструкции гребного винта на ходовые качества судна, включая его маневренность, скорость и эффективность. Анализируются различные типы винтов и их геометрические параметры, а также их воздействие на гидродинамические характеристики. Особое внимание уделяется оптимизации дизайна для достижения максимальной производительности и экономии топлива. Результаты исследования подчеркивают важность правильного выбора конструкции винта для повышения общей эффективности судна.

Ключевые слова: гребной винт, лопасти, поступь, угол атаки, скольжение.

ANNOTATION. The article examines the influence of the propeller design on the ship's performance, including its maneuverability, speed and efficiency. Various types of screws and their geometric parameters are analyzed, as well as their effect on hydrodynamic characteristics. Special attention is paid to optimizing the design to achieve maximum performance and fuel

economy. The results of the study emphasize the importance of choosing the right screw design to improve the overall efficiency of the vessel.

Keywords: rowing propeller, blades, tread, angle of attack, glide.

Введение

Современные требования к морскому транспорту и судостроению предъявляют высокие стандарты к ходовым качествам судна, включая его скорость, маневренность и экономичность. Одним из ключевых элементов, влияющих на эти характеристики, является конструкция гребного винта. Винт служит основным средством преобразования механической энергии двигателя в тягу, и его эффективность напрямую сказывается на общей производительности судна.

Таким образом, возникает необходимость глубже изучить влияние различных конструктивных решений гребного винта на ходовые качества судна. Это позволит не только оптимизировать проектирование винтов для конкретных условий эксплуатации, но и повысить общую эффективность судов в условиях современного рынка. Исследование данной проблемы актуально для судостроительных компаний, операторов флота и исследовательских учреждений, занимающихся вопросами повышения эффективности морского транспорта.

Гребной винт (рис. 1) состоит из втулки — ступицы и нескольких лопастей, отлитых заодно с ней или изготовленных отдельно и закрепленных на ней. Винт обычно располагается в корме судна и приводится во вращение двигателем через гребной вал. Своим названием он обязан тому, что при работе любая точка его лопасти движется по винтовой линии — вращается и одновременно перемещается вперед вместе с судном. В основу теории, объясняющей работу гребного винта, положен принцип гидродинамического крыла.

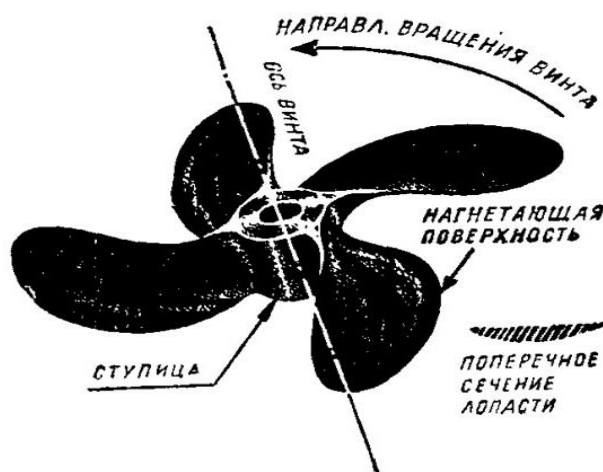


Рисунок 1 – Гребной винт

Посмотрим на лопасть винта сбоку (рис. 2) и представим направление, в котором она движется в воде (или, применив принцип обратимости движения, направление потока, обтекающего лопасть).

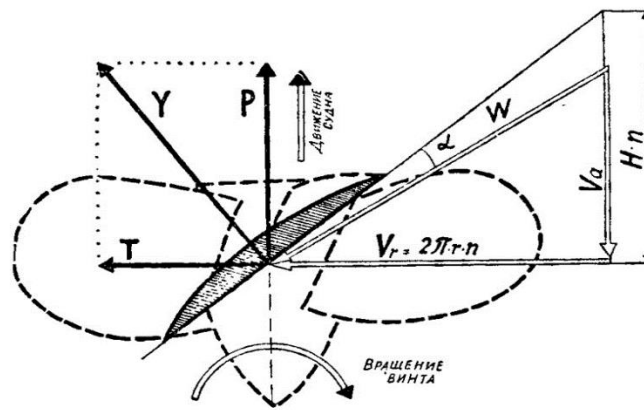


Рисунок 2 – Схема сил и скоростей на лопасти гребного винта

Скорость W потока воды относительно лопасти можно получить геометрическим сложением двух векторов: вызываемой вращением винта окружной скорости

$$V_r = 2\pi r n$$

где $\pi=3,14$; r – отстояние рассматриваемого сечения лопасти от оси винта; n – число оборотов винта в секунду) и поступательной скорости движения вместе с судном V_a .

Вектор суммарной скорости W направлен к нижней поверхности лопасти под углом α , называемым в теории крыла углом атаки. При этом на нижней поверхности лопасти (ее называют нагнетающей) создается повышенное давление воды, а на верхней (засасывающей) – разрежение. В результате разности давлений на лопасти, как на крыле, возникает подъемная сила Y . Если разложить ее на составляющие, одна из которых направлена в сторону движения судна, а вторая перпендикулярна ему, то получим соответственно силу P , создающую упор гребного винта, и силу T , создающую крутящий момент, который и приходится преодолевать двигателю для того, чтобы винт вращался и двигал судно.

В зависимости от направления вращения гребного вала (смотря с кормы) применяют винты правого (по часовой стрелке) и левого вращения.

Упор гребного винта, создаваемый подъемной силой, зависит не столько от площади лопасти, сколько от таких ее параметров, как угол атаки, профиль сечения, длина лопасти.

Диаметр и шаг винта являются важнейшими параметрами, от которых зависит возможность наиболее полного использования мощности двигателя, и, следовательно, достижения наибольшей скорости хода судна.

Диаметр винта D определяется по окружности, описываемой наиболее удаленной от оси винта точкой лопасти.

Геометрический шаг гребного винта H – это шаг винтовой поверхности, с которой совпадает нагнетающая сторона лопасти. Если бы винт ввинчивался в воду, как в гайку, то за один его оборот судно прошло бы расстояние, равное шагу винта, а его скорость была бы равна Hn .

Если шаг винта слишком велик для данных скорости и числа оборотов, лопасти будут захватывать и отбрасывать назад слишком большое количество

воды, упор винта возрастет, но зато одновременно увеличится крутящий момент на гребном валу и двигателю не хватит мощности, чтобы развить полные обороты. В этом случае говорят, что винт тяжелый.

Наоборот, если шаг мал, двигатель легко будет вращать винт на полном числе оборотов, но упор будет невелик, и судно не достигнет максимальной возможной скорости. Такой винт считается легким.

Шаг и диаметр рассчитывают с учетом сопротивления воды движению корпуса, заданной скорости хода судна, числа оборотов и мощности устанавливаемого двигателя. Общее правило таково: для легких быстроходных лодок требуются винты с большим шагом или шаговым отношением H/D , для тяжелых и тихоходных — с меньшим. При обычно применяющихся двигателях с числом оборотов 1500—5000 об/мин оптимальное шаговое отношение H/D будет составлять: на гоночных мотолодках и глиссерах 0,9—1,4; легких прогулочных катерах 0,8—1,2; водоизмещающих катерах 0,6—1,0 и очень тяжелых тихоходных катерах 0,55—0,80. Важно иметь в виду, что эти значения справедливы, если гребной вал делает примерно 1000 об/мин на каждые 15 км/час скорости лодки. В противных случаях необходимо применять редуктор, соответственно изменяющий число оборотов гребного винта.

Диаметр винта существенно влияет на загрузку двигателя. Например, при увеличении D всего на 5% приходится повышать мощность двигателя почти на 30%, чтобы получить то же число n оборотов винта. Это следует учитывать, если требуется «облегчить» тяжелый винт: иногда бывает достаточно немного подрезать концы лопастей до меньшего диаметра.

За один оборот винт вместе с судном продвигается вперед (рис. 4) не на величину шага H , а из-за скольжения в воде — на меньшее расстояние, называемое поступью h_p . Потеря скорости при этом составит

$$H_p = hpr.$$

Величина скольжения характеризуется отношением:

$$S = \frac{Hn - h_p n}{Hn} = 1 - \frac{h_p}{H}.$$

Скольжение s выражается обычно в процентах.

Поступь и скольжение гребного винта легко определить, зная скорость лодки, шаг винта и число его оборотов, так как:

$$h_p = \frac{\vartheta_p}{n}.$$

Важно подчеркнуть, что скольжение является неременным условием работы гребного винта, поскольку именно благодаря скольжению поток воды натекает на лопасть под углом атаки и на ней создается подъемная сила — упор. Если бы скольжение было равно нулю, поступь равнялась бы шагу винта и упора практически не было бы.

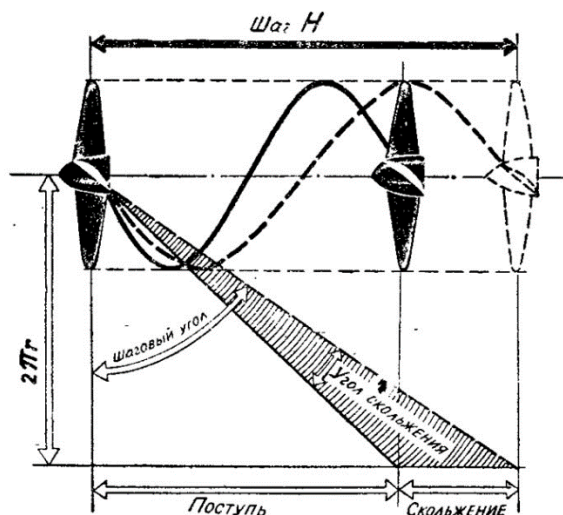


Рисунок 3 – Поступь и скольжение гребного винта

Площадь лопастей, как уже отмечалось, не оказывает существенного влияния на упор винта. Однако чрезмерная площадь приводит к увеличению трения винта о воду и излишним затратам мощности двигателя.

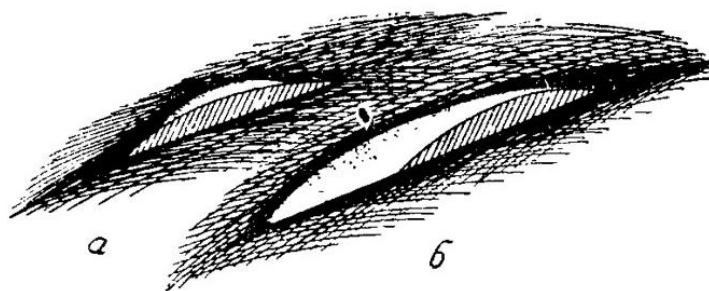


Рисунок 4 – Развитие кавитации на лопасти гребного винта а – первая стадия, б – вторая стадия

На быстроходных катерах часто приходится сталкиваться с явлением кавитации гребного винта. Известно, что при пониженном давлении (например, высоко в горах) вода закипает при температуре ниже 100°C . У высокооборотных винтов разрежение на засасывающей стороне лопасти достигает такой большой величины, что вода вскипает уже при естественной температуре. Образуются пузырьки и полости, заполненные паром, - это явление и называется кавитацией. Различают две стадии кавитации (рис. 5). На первой стадии полости невелики и на работе винта они практически не сказываются. Однако, когда пузырьки лопаются, создаются огромные местные давления, в результате чего материал лопасти выкрашивается у поверхности. Такие эрозионные разрушения при длительной работе кавитирующего винта могут быть весьма значительными.

При дальнейшем повышении скорости вращения винта наступает вторая стадия кавитации. Образуется сплошная полость (каверна), которая может замыкаться за пределами лопасти. Эрозия прекращается, но развиваемый винтом упор резко падает.

Характеристикой площади лопастей винта является его дисковое отношение A/Ad , т. е. отношение суммарной площади всех развернутых и спрямленных лопастей A к площади круга Ad , описываемого винтом (рис. 6). Для малогабаритных винтов тихоходных судов дисковое отношение обычно составляет 0,35-0,60, для кавитирующих винтов быстроходных катеров 0,80-1,20.

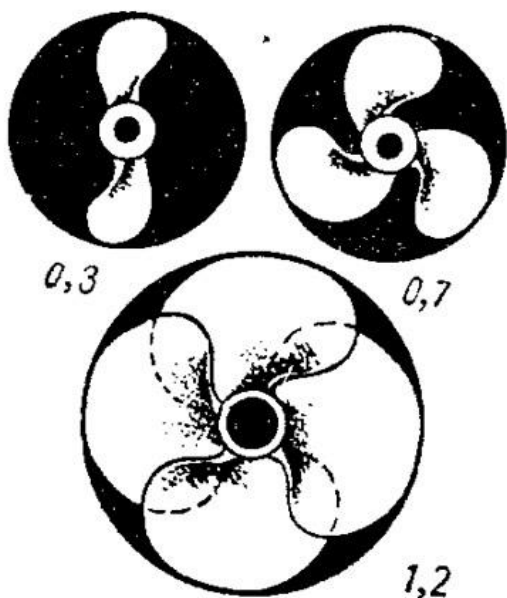


Рисунок 5 – Винты с различным дисковым отношением

Наибольшее распространение на катерах получили трехлопастные гребные винты, хотя на гоночных судах часто применяют и двухлопастные. Вообще говоря, двухлопастные винты более эффективны. У трехлопастного винта расстояние между кромками соседних лопастей меньше, поэтому в обтекание лопастей вносится большее искажение. Кроме того, крутящий момент у трехлопастного винта несколько больше; соответственно и мощность, потребляемая для его вращения, выше. Четыре и пять лопастей применяются, главным образом, в тех случаях, когда нужно понизить вибрацию и шум от работы винтов.

В последнее время имеются случаи применения на быстроходных катерах пяти- и даже шестилопастных кавитирующих винтов. Это приводит к некоторому снижению максимальной скорости хода, зато уменьшает нежелательные вибрации кормовой оконечности.

Величина дискового отношения некавитирующих гребных винтов должна выбираться таким образом, чтобы на наиболее длительных эксплуатационных режимах исключались возникновение кавитации и появление эрозии гребных винтов.

Типы конструкций гребных винтов:

1. Пропеллеры с фиксированным шагом:

Гребной винт фиксированного шага – это гребной винт, лопасти которого постоянно прикреплены к ступице гребного винта под определенным углом. Угол наклона лезвий не регулируется. Гребные винты фиксированного шага обычно встречаются на прогулочных лодках и небольших судах.

Гребные винты фиксированного шага просты и надежны. Они не требуют специального обслуживания и просты в эксплуатации. Однако у них есть некоторые ограничения, когда дело касается производительности. Поскольку угол лопастей невозможно отрегулировать, гребные винты с фиксированным шагом

могут работать не во всех водных условиях. Кроме того, они могут не обеспечивать тот уровень эффективности, который предлагают другие конструкции винтов.

2. Гребные винты изменяемого шага:

Гребной винт изменяемого шага – это гребной винт с лопастями, которые можно регулировать под разными углами. Это позволяет гребному винту изменять свой шаг в зависимости от скорости и нагрузки лодки. Гребные винты изменяемого шага обычно встречаются на более крупных судах, например, коммерческих судах. Гребные винты изменяемого шага имеют ряд преимуществ по сравнению с гребными винтами фиксированного шага. Они могут обеспечить лучшую производительность в более широком диапазоне водных условий. Они также обеспечивают более высокую топливную экономичность и помогают снизить вибрацию и шум. Однако они дороже, чем гребные винты с фиксированным шагом, и требуют большего обслуживания.

Выводы

Можно сделать заключение, что эффективность гребного винта является критически важным фактором, определяющим ходовые качества судна, такие как скорость, маневренность и экономичность. Учитывая высокие требования современного морского транспорта, необходимо провести глубокое исследование различных конструктивных решений винтов. Это позволит оптимизировать их проектирование в соответствии с конкретными условиями эксплуатации, что, в свою очередь, повысит общую эффективность судов. Актуальность данной проблемы подчеркивается интересами судостроительных компаний и операторов флота, стремящихся к улучшению эксплуатационных характеристик и снижению затрат на обслуживание.

Библиографический список

- 1 Принцип работы и устройство гребного винта // Журнал «Катера и Яхты» №16. СССР, г. Ленинград, 1968 С. 6-9.
- 2 Особенности расчета катерных гребных винтов // Журнал «Катера и Яхты» №16. СССР, г. Ленинград, 1968 С. 42-48.
- 3 Правильно ли расположен гребной винт? // Журнал «Катера и Яхты» №16. СССР, г. Ленинград, 1968 С. 39-41.
- 4 А. В. Пустошный, Н. В. Маринич, О. В. Савченко Анализ перспектив применения композитных гребных винтов в судостроении // Труды Крыловского государственного научного центра. Россия, г. Санкт-Петербург, 2023 С. 26-48.

**ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ
ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБУСТРОЙСТВА
МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Каськов Никита Эдуардович

аспирант

E-mail: nikitakaskov0510@mail.ru

Иванов Михаил Александрович

студент

E-mail: gtfmilt@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*

**THE PROSPECT OF USING ROBOTIC UNDERWATER VEHICLES TO
SOLVE PROBLEMS OF OFFSHORE FIELD DEVELOPMENT**

Kaskov Nikita Eduardovich

PhD student

Ivanov Mihail 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. Выполнена оценка современного состояния вопроса проектирования многозвенного подводного роботизированного аппарата, анализ основных конфигураций подводных роботизированных аппаратов с различными манипуляторными комплексами. Выполнен анализ перспективных к разработке лицензионных участков морских месторождений и анализ условий этих акваторий.

Обобщение полученных результатов позволило выделить диапазон рабочих глубин для разрабатываемого роботизированного подводного аппарата и определить характеристики по гидрометеороусловиям в районах эксплуатации, необходимые для формирования пакета исходных данных и требований к конструкции.

Ключевые слова: морское месторождение, подводный аппарат, классификация, глубина, гидрометеороусловия.

ABSTRACT. The current state assessment of the multi-link robotic underwater vehicle design, an analysis of the main configurations of robotic underwater vehicles with various manipulator systems were performed. An analysis of prospective development offshore fields license areas and an analysis of these water areas conditions were performed. The obtained results generalization made it possible to identify an operating depths range for the robotic underwater vehicle being developed and to determine the characteristics of hydrometeorological conditions in the operation areas, necessary for the formation of an initial data package and design requirements.

Keywords: offshore field, underwater vehicle, classification, depth, hydrometeorological conditions.

Введение

Шельфовая добыча нефти и газа является стратегически важной задачей для РФ, что закреплено в государственных программах [1–3].

Реализация данных программ неразрывно связана с проектированием и эксплуатацией сооружений для морской разведки и шельфовой добычи. Для надежной и долгосрочной эксплуатации данных объектов необходим постоянный контроль за их техническим состоянием, для минимизации рисков возникновения техногенных катастроф и аварий по причине разрушения корпуса сооружений. Кроме того, с развитием науки и техники все большее внимание уделяется системам, позволяющим осуществлять функционирование технических устройств, объектов и комплексов без непосредственного присутствия человека, т.е. освоение месторождений с применением безлюдных платформ.

Следовательно, для решения задач освоения континентального шельфа применение роботизированных подводных аппаратов с многозвенным манипуляторным комплексом для визуального постоянного контроля состояния конструкций таких объектов с применением различных функций захвата, например, для исследования окружающей среды вблизи объекта с целью установления причины разрушения конструкций; выполнение простейших монтажно-демонтажных и ремонтных работ морских буровых платформ и морских отгрузочных причалов; обследование подводных трубопроводов и кабелей с заменой деталей подводного оборудования в глубоководных районах, является актуальной задачей, ведущей к минимизации водолазных работ (с целью повышения безопасности) на месторождениях с суровыми климатическими и (или) геологическими условиями, и в глубоководной зоне.

По мере освоения глубоководных месторождений, значительная часть подводных работ вышла за пределы возможностей осуществления работ непосредственно человеком. Для работ, которые не могут выполнить водолазы, требуется применять дистанционно управляемые подводные аппараты (ROV/НПА/ТНПА) и дистанционно управляемый инструмент (ROT), которые выполняют следующие виды работ:

- картирование места проведения работ;
- вспомогательные работы в процессе бурения;
- вспомогательные работы в процессе монтажа;
- вспомогательные работы в процессе добычи;
- технические обследования;
- техническое обслуживание и ремонт.

Необитаемые подводные аппараты можно классифицировать по следующим признакам:

- назначение (исследовательские, поисковые, осмотровые, рабочие, транспортные, универсальные);
- способ управления (автономные, телеуправляемые, полуавтономные);
- принцип движения (самоходные, дрейфующие; несамоходные, гибридные)
- масса (сверхлегкие, легкие, средние, тяжелые;
- рабочая глубина погружения (от 0–12000 м);
- способ удержания на глубине (привязные, поплавковые, безпоплавковые, гидродинамические, донные);
- тип конструкции НПА место размещения/базирования (в составе стационарных морских робототехнических комплексов; в составе мобильных морских робототехнических комплексов; с размещением на морских объектах).

На рисунках 1, 2 представлены несколько типов дистанционно управляемых аппаратов иностранного и отечественного производства различного назначения.



Рисунок 1 – ТНПА осмотрового класса

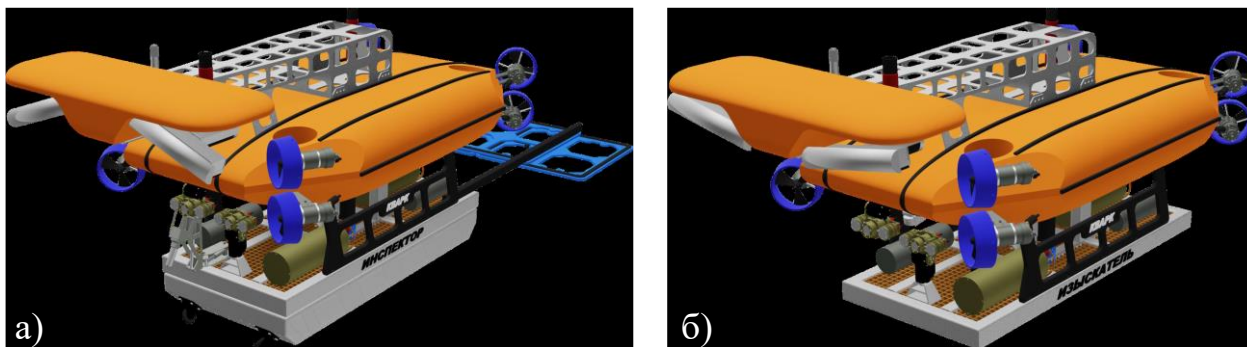


Рисунок 2 – ТНПА/ ROV осмотраого класса:

- а) Кварк-Инспектор – легкого рабочего класса с комплектом оборудования для инспекции подводных трубопроводов и кабельных линий;
- б) – Кварк-Изыскатель легкого рабочего класса со специализированным модулем для выполнения подводных инженерно-геологических изысканий

В настоящее время для упрощения осуществления подводными аппаратами (ROV/ТНПА) таких подводных работ, как обеспечение бурения, технические обследования, техническое обслуживание и ремонт, предусматриваются соответствующие подключения и соединения, т.е. они являются телеуправляемыми.

Для обеспечения безопасного и эффективного применения дистанционно управляемых подводных аппаратов, должны предусматриваться: палубное пространство достаточной площади на судне или буровой установке, с достаточным подкреплением палубы в соответствующих местах, внешняя подача энергии и рабочих сред, простая система спуска и извлечения аппарата на поверхность.

На этапе проектирование подводных дистанционных аппаратов прорабатываются следующие проектные параметры:

- наличие визуальных обозначений, ориентиров и индикаторов;
- выбор цвета (должен быть осуществлен в соответствии с ГОСТ Р 59305-2021);
- обеспечение защиты от биологического обрастания;
- расположение приспособления для позиционирования;
- направляющие стойки;
- наблюдение;
- ориентация подводных конструкций;
- ограничение крутящего момента на штоке клапанов;
- nereкомендуемые конструктивные решения (зацепление, клапаны, рычаги, недоступные для обзора индикаторы, рабочая высота).

Авторами работы выполнен патентный поиск, на основании которого можно утверждать, что в России отсутствуют необитаемые подводные аппараты

с многозвенным манипуляторным комплексом и различными функциями захвата. Таким образом, открытым остается вопрос проектирования ROV/НПА/ТНПА с многозвенным манипуляторным комплексом, что подтверждает актуальность темы исследования.

Следующим этапом исследований являлся анализ перспективных к разработке морских месторождений и анализ морских акваторий этих месторождений, с целью выделения диапазона рабочих глубин для ROV/НПА/ТНПА и определения внешних условий (гидрометеоусловий) на этих участках для формирования пакета исходных данных проектируемого подводного роботизированного аппарата.

Анализ условий морей [4] показывает, что существенная часть перспективных месторождений находится в арктических акваториях и имеет значительные глубины (свыше 100 м). Большими глубинами отличаются Баренцево, Карское, Охотское моря и северная часть моря Лаптевых. При этом для морей Лаптевых и Карского характерен весьма короткий безледовый период (1,5–2 месяца) [5]. Несмотря на то, что Баренцево море входит в состав ледовитых морей, оно отличается от других морей Арктики тем, что никогда не покрывается льдом полностью. Это происходит благодаря притоку атлантических вод, приносящих такое количество тепла, которое не позволяет воде охладиться до температуры замерзания.

На Баренцевоморском шельфе пробурены 34 поисковые и разведочные скважины общим метражом более 96 000 м включая Штокмановское газоконденсатное месторождение, открытое в 1988 г. [6]. Штокмановское месторождение расположено в центральной части шельфа российского сектора Баренцева моря, по величине запасов (газ – 3,965 трлн м³, газовый конденсат – 49,5 млн т) является уникальным, а в сочетании этого фактора с географическим положением и природоклиматическими условиями не имеет аналогов в мире [7, 8]. Для обустройства и разработки Штокмановского месторождения определяющими факторами являются глубина акватории, сложное геологическое строение разреза с расчлененным рельефом дна, а также климатические условия: частые сильные штормы, высокий риск обледенения морских сооружений, сейсмическая активность, ледовые условия, обусловленные наличием дрейфующих ледовых полей и айсбергами. Для освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения с 1989 г. разработаны более ста научно-технических проектов различного уровня с участием нескольких десятков ведущих отечественных и зарубежных научных, конструкторских, проектных и производственных нефтегазовых компаний.

Еще был выделен участок недр «Глубокая», относящийся к нефтегазоносному району Сорокина Керченско-Таманской нефтегазоносной области Индоло-

Кубанской нефтегазоносной провинции – российский сектор участка дна Черного моря. Площадь участка составляет 337,8 км². Глубина моря в пределах участка варьирует от 30 до 1000 м. Глубина моря в районе предполагаемых работ составляет от 70 до 200 м. Всего величина прогнозных локализованных ресурсов нефти категорий D0 и D2л составляет 118 996 тыс.т геологических и 25 062 тыс.т. извлекаемых.

Таблица 1 – Гидрометеоусловия морских акваторий

Наименование	Баренцево (Печорское) море (месторождение Штокмановское)	Черное море (месторождение Глубокая)
Глубина моря в пределах участка	320–360 м.	30-1000 м.
Максимальные значения уровня моря 1 раз в 100 лет	максимальное – 103 см; минимальное – минус 135 см.	максимальное – 34 см; минимальное – минус 41 см.
Средняя температура воздуха в году	абс. max – плюс 25 град.; абс. min – минус 25 град.	средняя в году – 13,42 град.; в январе – минус 8,81 град.; в августе – плюс 32,13 град.
Ветровые условия (скорости ветра 1 раз в 100 лет на высоте 10 м/с осреднением 10 мин.)	максимальное: в осенне-зимний период – 40 м/с; летом – 24-30 м/с.; порыв (2 сек) – 46,5-53 м/с.	максимальное – 29,47 м/с (юго-западный); максимальное – 28,09 м/с (северо-восточный); максимальное – 27,6 м/с (северный).
Волновые условия (высота волны 0,1%...1% и 3% 1 раз в 100 лет)	максимальное – 24,5/20,0/17,4 м.	максимальное – 3,95/3,03/3,19 м.
Период волны (0,1%, 1% и 3% 1 раз в 100 лет)	15,9 с / 15,5 с / 15,2 с	21,64 с / 18,9 с / 17,27 с.
Течения	Поверхностное: максимум – 70 см/с; приливное течение – до 100 см/с. Придонное: на расстоянии 0,5 м от дна – 4-5 см/с;	Поверхностное: максимум – 98,325 см/с. Промежуточное: максимум – 34,997 см/с. Придонное: среднее – 10,38 см/с максимум – 30,484 см/с.

На основании анализа требований государственных программ и стратегий развития были определены перспективные к освоению месторождения и средства к обеспечению их безопасной и долгосрочной эксплуатации. В

результате выполненного в работе исследования выявлено, что акватории «Штокмановского» месторождения и месторождения «Глубокое» характеризуются большими глубинами, диапазон глубин, рассматриваемых к эксплуатации районов 100–400 м, таким образом значительная часть подводных работ выходит за пределы возможностей осуществления непосредственно человеком. Предусмотренные технические средства для освоения этих месторождения будут являться средствами долгосрочной эксплуатации, что требует постоянного контроля за их техническим состоянием, что подтверждает актуальность темы исследования по проектированию необитаемых подводных аппаратов. Кроме того, на основании выполненного патентного поиска в международной англоязычной базе, выявлено, что в России отсутствуют необитаемые подводные аппараты с многозвенным манипуляторным комплексом и различными функциями захвата, предназначенные для диапазона глубин 100–400 м. Таким образом, открытым остается вопрос проектирования необитаемых подводных аппаратов с многозвенным манипуляторным комплексом, что также подтверждает актуальность темы исследования. Данные подводные аппараты являются технически и технологически сложными, и имеет смысл рассмотрения перспективы их проектирования и разработки такого типа, который бы обеспечил возможность выполнения нескольких функций, например, осмотровых, а также исследовательских и ремонтных за счет применения многозвенных манипуляционных комплексов.

Дальнейшей перспективой исследования является анализ существующей нормативной базы для проектирования необитаемых подводных аппаратов на основании которой, с учетом типа выполняемых видов работ (технические обследования конструкций буровых установок или подводно-добычных комплексов подверженных коррозионно-механическим разрушениям; техническое обслуживание и ремонт) будут сформированы требования к конструкции и технические характеристики, принимаемые к проектируемому объекту, определен принцип движения, способ управления.

Библиографический список

1 Указ Президента РФ № 645 от 26.10.2020 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» (в редакции указов Президента Российской Федерации от 12.11.2021 № 651, от 27.02.2023 № 126).

2 Распоряжение Правительства РФ № 2553-р от 28.10.2019 «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 г.».

3 Указ Президента Российской Федерации № 512 от 31.07.2022 «Морская доктрина Российской Федерации».

4 Амосова Н.В., Благовидова И.Л., Тertyшникoвa А.С., Иванoвa Н.С. Анализ исходных данных для проектирования морской буровой установки для разведочно-поискового бурения на Арктическом шельфе / Гидротехника 4(65) / 2021, с. 70–72.

5 Жданеев О.В., Фролов К. Н, Коньгин А. Е., Гехаев М. Р. Разведочное бурение на арктическом и дальневосточном шельфе России // Арктика: экология и экономика. – 2020. – № 3 (39) – С. 112–125. – DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-112-125.

6 Скоробогатов В.А., Кабалин М.Ю. Западно-Арктический шельф Северной Евразии: запасы, ресурсы и добыча углеводородов до 2040 и 2050 гг. // Neftegaz – 2019. – № 11[95]. – С. 36–51.

7 Мирзоев Ф.Д., Архипова О.Л. Штокмановское ГМКМ Технико-технологическое предложения по освоению месторождения силами отечественных научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, промышленно-производственных заводов оборонной промышленности и машиностроения // Neftegaz – 2022. – № 9. – С. 74–80.

8 Мирзоев Ф.Д., Архипова О.Л., Лаптева Т.В., Стратегические направления развития подводной техники и технологии для добычи углеводородов на шельфе Арктики // SOCAR PROCEEDINGS – 2014. – № 4. – С. 82–87.

9 Технический отчет «Разработка технических требований в части природных воздействий к перспективным объектам морской техники (платформы/суда) для разведки, бурения и добычи углеводородов в глубоководной части арктического шельфа, включая требования безопасности для сооружений в эксплуатации и при выполнении морских технологических и эксплуатационных операций», Книга 2. – Санкт-Петербург: ААНИИ, 2012. – 162 с.

10 ООО «РН–КрасноярскНИПИнефть», ООО «Енисей Инжиниринг» Технико-экономический расчет терминала отгрузки товарной нефти и СЖТ, завода получения газа (ПГ, ПНГ), сжиженных углеводородных газов (СРГ, СНГ) с терминалом отгрузки» Морская часть. Севастополь 2014 г. Отчет 271 с., 114 рис., 47 табл., 5 источников, 5 прил.

11 Роснедра: государственный реестр участков недр, предоставленных в пользование, и лицензий на пользование недрами. – URL: <https://www.rosnedra.gov.ru> (дата обращения 11.07.2023).

12 Прогноз параметров ветрового волнения: Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане. Оперативный модуль ЕСИМО. – URL: <http://portal.esimo.ru/portal/portal/esimo-user/opermodule> (дата обращения 05.07.2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СГОРАНИЯ ТЯЖЁЛОГО ТОПЛИВА В ЦИЛИНДРАХ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ландиков Юрий Васильевич

доцент

e-mail: 271157nakhodka@gmail.com

Литвиненко Владимир Петрович

кандидат технических наук, доцент

e-mail: VPLitvinenko@sevsu.ru

Савинков Николай Александрович

кандидат физико-математических наук, доцент

e-mail: 1933an10@gmail.com

*Азовский морской институт – Мариупольский филиал ФГАОУ ВО
Севастопольский государственный университет,
287500, ДНР, Мариуполь, ул. Черноморская, 19.*

STUDY OF METHODS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF COMBUS- TION OF HEAVY FUEL IN CYLINDERS OF MARINE ENGINES

Landikov Yuriy

Assistant Professor

Litvinenko Vladimir

Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor

Savinkov Nikolay

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Assistant Professor

Azov Marine Institute – Mariupol branch of FSEI of HE

Sevastopol State University,

287500, DPR, Mariupol, Chernomorskaya Str., 19.

АННОТАЦИЯ. В работе выполнен аналитический обзор современных методов повышения эффективности сгорания тяжёлого дизельного топлива. Сформулированы основные перспективные направления совершенствования методов приготовления топливных смесей. Исследованы кислородсодержащие жидкости: изопропиловый спирт (ИПС) – C_3H_8O , пропилен гликоль $C_3H_8O_2$ – и этиленгликоль – $C_2H_6O_2$ в качестве добавок к тяжёлому дизельному топливу. Показано, что спиртовые смеси с дизельным топливом позволяют значительно сократить потребление кислорода воздуха в процессе сгорания топлива. Применение спиртовых смесей на малых оборотах двигателя также приводит к существенному сокращению сажистых отложений и дымности выбросов за счёт полноты сгорания топлива. Выполнены расчеты количества воздуха, требуемого

для сгорания одного килограмма топливной смеси с этими спиртами, и удельной теплоты сгорания смесей.

Ключевые слова: дизель, тяжёлое топливо, эффективность сгорания, присадки, кислород воздуха, спиртовая смесь, выбросы сажи, цетановое число.

ABSTRACT. The paper presents an analytical review of modern methods for increasing the combustion efficiency of heavy diesel fuel. The main promising directions for improving methods for preparing fuel mixtures have been formulated. Oxygen-containing liquids were studied: isopropyl alcohol (IPA) – C_3H_8O , propyleneglycol – $C_3H_8O_2$ and ethyleneglycol – $C_2H_6O_2$ as additives to heavy diesel fuel. It has been shown that alcohol mixtures with diesel fuel can significantly reduce the consumption of atmospheric oxygen during the combustion process. The use of alcohol mixtures at low engine speeds also leads to a significant reduction of soot deposits and smoke emissions due to the completeness of fuel combustion. Calculations have been made of the amount of air required for the combustion of one kilogram of fuel mixture with these alcohols, and of the specific heat of combustion of these mixtures.

Keywords: diesel, heavy fuel, combustion efficiency, additives, atmospheric oxygen, alcohol mixture, soot emissions, cetane number.

Введение

Одной из важнейших эксплуатационных характеристик судовых дизельных установок является экономическая и экологическая надёжность топливной аппаратуры, которая зависит от комплекса конструктивных и эксплуатационных факторов. Один из таких факторов является качество дизельного топлива. В судовых дизельных двигателях используются смеси дистиллятных видов топлива с высоковязкими крекинг-остатками. В зависимости от конструктивных особенностей двигателей и совершенства системы подготовки топлива, в основном, применяются топливные смеси вязкостью от 180 сСт до 700 сСт [1]. С повышением вязкости доля дистиллятного топлива в смеси уменьшается и, соответственно, увеличивается доля мазута, что приводит к ухудшению качественных характеристик топлива. Это влияет на процессы смесеобразования, сгорания и газообмена. Наиболее характерной причиной нарушения оптимальной работы дизельной установки является образование смолистых отложений на деталях цилиндропоршневой группы и газообмена. При этом полнота сгорания уменьшается, и в отработавших газах появляется дым (сажа), что приводит к уменьшению сечения конструктивных элементов газообмена и последующему снижению мощности двигателя, а также к ухудшению экологической безопасности.

Химические и физические свойства топлива влияют на процессы смесеобразования и сгорания в цилиндрах дизелей, ресурс топливной аппаратуры и деталей цилиндропоршневой группы, содержание вредных веществ в отработавших газах, полноту выгорания топлива, топливную экономичность двигателя [1,2]. Наиболее распространёнными способами получения требуемых свойств дизельного топлива является введение

многофункциональных присадок, приготовление водоэмульсионных смесей, а также применяется ряд других методов повышения эффективности сгорания тяжёлого топлива.

Обзор литературы

Наиболее существенными режимами работы главных двигателей, при которых в наибольшей степени проявляется вероятность образования смолистых отложений, являются режимы малых оборотов [3]. Как правило, режимы малых оборотов работы двигателя по своей продолжительности занимают (5–15) % времени от общей продолжительности рейса.

Тяжелое топливо, используемое для эксплуатации судовых дизелей, является неоднородным, что в определенной мере усложняет его подготовку для использования и регулирования различных режимов рабочего процесса дизеля. Для получения нужных свойств топлива в современных условиях находят все более широкое применение различные добавки – присадки к топливам [3-7]. В функции присадок входит создание многофункциональных композиций, включающих: 1) уменьшение шламообразования; 2) снижение дымности; 3) повышение каталитической активности горения; 4) дестабилизация водотопливных эмульсий, 5) снижение высокотемпературной коррозии элементов топливной аппаратуры [6]. Одной из первых присадок к остаточным топливам судовых дизелей была противонагарная присадка фирмы «Slip». В ее состав входили растворимые мыла меди, магния и других элементов в смеси с ароматическими углеводородами. Следует отметить очень популярные в последнее время присадки: Dual Purpose Plus Dieselite (является катализатором сгорания C и превращения его в CO_2); Fuelcare Biocontrol (нейтрализует кислоты и защищает от коррозии топливную систему) [7]; Soot Rebove (является катализатором выжигания сажи); Vansulite (химический модификатор, увеличивает температуру плавления золы и шлакообразования и уменьшает отложения и коррозию) [8]. В состав присадок входят соединения марганца, меди, хрома, хлора, которые являются катализаторами процессов горения. Под влиянием высоких температур оксиды металлов переходят в закиси с выделением атомарного кислорода, который и ускоряет процесс.

Продукты сгорания топлива вызывают высокотемпературную коррозию выпускных клапанов дизеля, что является основной причиной прогорания клапанов. Высокотемпературная коррозия происходит под влиянием пента-тиокиси ванадия и сульфатов натрия, образующихся в цилиндрах двигателя при сгорании тяжелых топлив. В целях снижения эффекта прогорания клапанов в топливо вводят металлоорганические присадки на базе магния. К числу таких присадок относятся Vescom FOT-SA, FOT-DA и другие [4]. Эти присадки препятствуют

образованию агрессивных отложений натрий-ванадиевых соединений на головках поршней, рабочих фасках клапанов.

Установлено, что существенное влияние на процесс сгорания оказывает структура топлива. Топлива с большим содержанием парафиновых углеводородов (алканов) имеют наименьшие, а топлива с большим содержанием ароматиков – наибольшие периоды задержки воспламенения. Улучшает структуру топлива его предварительная гомогенизация, а также использование водотопливных эмульсий.

При использовании ВТЭ температура в камере сгорания понижается, снижается эмиссия и это способствует уменьшению образования твердых углистых частиц сажи. Опыт показал, что уменьшаются и отложения смолистых составляющих, а также отложения коррозионно-активных соединений натрия и ванадия в выхлопных трактах [1,9,10]. Если есть необходимость использовать в двигателях ВТЭ, в топливо перед гомогенизатором добавляют пресную воду в количестве 6...15 %.

Кавитационная обработка водомазутной эмульсии с добавлением кальция и ее последующее сжигание позволяют уменьшить в дымовых газах концентрацию оксидов азота в 2–5 раз, сернистого ангидрида – в 2–3 раза, оксида углерода – в 2–2,5 раза [10]. Таким образом, использование гомогенизированной водомазутной смеси позволяет повысить коэффициент сжигания топлива, сэкономить мазут и уменьшить вредные выбросы и в атмосферу.

Полнота сгорания тяжелых топлив улучшается при введении поверхностно-активных моющих присадок (ПАВ), улучшающих процесс распыливания топлив. Роль ПАВ заключается в улучшении смесеобразования топлива с воздухом, в значительной степени влияющего на качество горения. Кроме того, ПАВ обладают моющими свойствами: в их присутствии коэффициент закоксования распылителей форсунок уменьшается. К числу таких комплексных присадок относятся кальциевые и бариевые соли жирных кислот в количестве 0,4–1,0 %, содержащие ПАВ и катализатор горения. Такие присадки также снижают дымность и содержание СО [11].

Полноту сгорания дизельных топлив повышают противодымные присадки, сокращающие образование и выбросы сажи [5, 6]. Считается, что в условиях начавшегося сгорания происходит крекинг и дегидрогенизация углеводородов с образованием мелких частиц сажи. В дальнейшем они частично выгорают, а частично укрупняются. Это явление можно ослабить, сократив период задержки воспламенения с помощью соединений марганца и бария и, как следствие, повышается полнота сгорания топлива.

Способствуют полноте сгорания топлив присадки, повышающие цетановое число (ЦЧ), которое в дизельном топливе считается одним из важнейших показателей качества; а для двигателей нового поколения требуется, чтобы ЦЧ было от 51 до 55 [12, 13, 14]. Топлива с большими ЦЧ при одном и том

же угле опережения впрыска обеспечивают своевременное и плавное протекание процесса самовоспламенения и сгорания. Для получения товарных топлив с высокими ЦЧ используют в качестве присадок соединения, ускоряющие процесс предпламенного окисления топлива и, тем самым, облегчающие его самовоспламенение. В [13] показано, что при введении присадки НЭЦГ в состав дизельного топлива в исследуемом диапазоне концентраций наблюдалось повышение ЦЧ с 51 до 53 единиц, а также его кинематической вязкости.

Таким образом, основные усилия разработчиков направлены на создание присадок к тяжелому дизельному топливу и смесей топлива, которые обеспечивали бы полноту сгорания топлива без образования сажи и «нагара». Как показывает практика, достичь такого результата до настоящего времени не удалось.

Целью настоящей работы является анализ существующих методов улучшения процесса сгорания тяжёлого дизельного топлива, исследование свойств смесей топлива со спиртами и расчёт количества воздуха в топливной смеси, необходимого для эффективного сгорания тяжёлого топлива, в зависимости от состава топливной смеси. А также расчёт удельной теплоты сгорания этих топливных смесей.

Результаты и обсуждения

Наиболее эффективные присадки к топливу обеспечивают изменение структуры «нагара», доводя его до состояния мазеобразной консистенции, что снижает затраты времени на выполнение операций обслуживания двигателей в период его моточисток. В большинстве случаев при разработке присадок к топливу и новых видов топлива не учитываются в достаточной мере особенности протекания процессов сгорания в сочетании с особенностями работы топливной аппаратуры [15]. При анализе технологических процессов использования присадок к топливу, в большинстве случаев, предусматривается их введение в общую массу топлива и подачу к цилиндрам в виде смеси.

Из выполненных нами экспериментальных наблюдений следует, что в дизельных двигателях обеспечивается возможность практически неограниченного обеднения смеси топлива с воздухом за счет достижения полноты сгорания топлива. Таким образом, в дизельных двигателях можно количественно регулировать мощность только путем изменения количества топлива, подаваемого в цилиндры, вплоть до холостого хода. Как показали опыты, до некоторых пределов избытка воздуха в цилиндре, характеризуемого значением коэффициента $\alpha = 3\text{--}3,5$, мощность двигателя возрастает. Это объясняется кинетикой процесса смешения топлива с воздухом. Поступающий в цилиндр объем топлива не успевает равномерно смешаться с воздухом, что приводит к обогащению смеси в зоне горения. Последовательное воспламенение

топливной смеси позволяет вовлечь в процесс сгорания избыточное количество кислорода воздуха, что позволяет достичь полноты сгорания образовавшейся смеси. В случае снижения коэффициента избытка воздуха до значений $<(1,35-1,5)$ полнота сгорания топлива ухудшается и сопровождается образованием коксовых отложений и сажи, что объясняется недостаточным количеством кислорода воздуха. При значительном обеднении смеси (>4), соответствующем очень малым нагрузкам двигателя, полнота сгорания уменьшается, что связано с ухудшением качества распыливания топлива, что приводит к увеличению задержки воспламенения. Таким образом, наиболее благоприятными с точки зрения достаточности воздуха в цилиндрах двигателя являются условия, при которых коэффициент избытка воздуха находится в пределах $\geq 1,5 \div 3,5$.

Однако, на практике в судовых дизелях трудно обеспечить одинаковый режим процесса сгорания топлива в широком диапазоне чисел оборотов двигателя, поскольку возникает необходимость учета многих факторов. Поэтому в дальнейшем будем учитывать значения максимальной скорости сгорания (как характеристику особенностей текущего преобразования химической энергии топлива в теплоту) и период задержки самовоспламенения. Эти параметры известны, и они могут быть оценены экспериментально. Анализ литературы показал, что период задержки самовоспламенения снижается по мере увеличения ЦЧ топлива [11, 13, 14].

Результаты экспериментальных наблюдений позволили сформулировать ряд подходов по повышению эффективности сгорания топливовоздушной смеси в цилиндре дизельного двигателя.

1. Необходима разработка инженерных решений, позволяющих подготовить и осуществить впрыск оптимального состава топлива в режимах наиболее вероятного образования отложения на деталях двигателя. К таким режимам относятся режимы работы двигателя на малых оборотах, которые характерны при выполнении маневровых операций, при прохождении узкостей и т. д.

2. Наиболее перспективными являются смеси топлива с кислородсодержащими жидкостями, благодаря которым можно регулировать расход кислорода при протекании окислительных процессов в процессе сгорания топливной смеси.

3. Смеси топлива должны обеспечивать возможность повышения ЦЧ, а скорость сгорания таких смесей не должна приводить к жесткой работе двигателя, т.е. скорость нарастания давления должна быть в пределах конструктивных требований.

4. Количество воздуха, необходимого для сгорания одного килограмма смеси топлива с вводимыми добавками должно быть по возможности меньшим, в сравнении с количеством воздуха, которое требуется для сгорания такого же

количества топлива без добавок. Это обеспечит выполнение следующего важного условия: воздух, подаваемый устройствами наддува в цилиндр двигателя, будет употреблен для окисления наиболее тяжелых фракций топлива, сгорающих последними.

В инженерном отношении подача смеси топлива должна осуществляться с использованием отдельного резервуара – танка, в котором предварительно подготовлена смесь. Соответствующие порции смеси топлива будут впрыскиваться в определённый момент времени в цилиндр двигателя за счет перевода с основного танка на танк, содержащий смесь топлива. При такой организации подачи топлива и смеси возможно относительно просто автоматизировать процесс переключения подающих трубопроводов в зависимости от числа оборотов коленчатого вала двигателя, параметры которого непрерывно снимаются соответствующими датчиками.

В результате экспериментальных наблюдений по использованию различных добавок и присадок к топливу нами были выбраны смеси топлива, в состав которых входит изопропиловый спирт (ИПС) – C_3H_8O , пропиленгликоль – $C_3H_8O_2$ и этиленгликоль – $C_2H_6O_2$. При этом учитывалась возможность получения однородной смеси топлива, содержащей достаточно большое количество кислорода. Наличие в ИПС вторичного атома углерода и разветвленного углеводородного радикала позволяет ему хорошо смешиваться с неполярными соединениями, такими как дизельное топливо. Было установлено, что ИПС, в отличие от метилового и этилового спиртов, хорошо смешивается с дизельным топливом в любых соотношениях и не повышает температуру помутнения смеси. Молекула ИПС содержит 60 % углерода C , 13,33 % водорода H , 26,66 % кислорода O . Исходя из точного элементного состава молекулы ИПС было рассчитано количество молей воздуха, необходимое для полного сгорания ИПС до высших оксидов по формуле

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) \text{ моль воздуха/кг ИПС} \quad (1)$$

После подстановки числовых значений в формулу (1) получаем

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{0,6}{12} + \frac{0,133}{4} - \frac{0,266}{32} \right) = 0,357 \cdot 10^3 \text{ моль воздуха/кг ИПС}$$

Приняв молярную массу воздуха при нормальных условиях равной $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, можно рассчитать расход воздуха L в килограммах на 1 кг ИПС

$$L = L_0 \cdot 29 \cdot 10^{-3} = 0,357 \cdot 10^3 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \approx 10,34 \text{ кг воздуха/кг ИПС}$$

В качестве соединений, содержащих больший процент кислорода в молекуле перспективно рассмотреть также двухатомные спирты этиленгликоль (C 38,7 %, H 9,7 %, O 51,6 %) и пропиленгликоль (C 47,4 %, H 10,5 %, O 42,1 %). Расчет необходимого для полного сгорания этих спиртов воздуха на 1 кг спирта был произведен аналогично.

В целях получения сравнительных характеристик определялось требуемое количество воздуха для сгорания одного килограмма топливной смеси с добавлением ИПС, этиленгликоля и пропиленгликоля. Из условий обеспечения необходимого количества окислителя на процесс сгорания различных топливных смесей рассчитывалась также удельная теплота сгорания рассматриваемых топливных смесей. Низшая теплота сгорания ИПС и этиленгликоля рассчитывалась по следствию из закона Гесса, низшая теплота сгорания пропиленгликоля определялась по формуле Менделеева [16]. Результаты расчёта приведены в таблице 1.

На основании полученных результатов сделаны следующие выводы.

1. Использование ИПС, этиленгликоля и пропиленгликоля в качестве компонентов в смеси с дизельным топливом позволяет значительно сократить потребление кислорода воздуха в процессе сгорания топлива. Это позволяет плавно регулировать устройством наддува воздуха эффективность сгорания топливных смесей в режимах работы двигателя на малых оборотах.

2. Удельная теплота сгорания рассматриваемых смесей ниже теплоты сгорания дизельного топлива, что затруднит применение спиртосодержащих топливных смесей на всех режимах работы двигателя. Однако, применение этих смесей в случае использования тяжёлого топлива на малых оборотах двигателя (т. е. в наиболее неблагоприятных режимах на кратковременном интервале работы двигателя) приведёт к существенному сокращению сажистых отложений и дымности выбросов за счёт полноты сгорания топлива.

3. В дальнейших исследованиях представляется целесообразным рассмотреть возможное использование исследуемых спиртов как компонентов, повышающих растворимость метилового (этилового) спирта в трехкомпонентных смесях с дизельным топливом – совместных растворителей. Использование этих спиртов позволит снизить содержание воды в топливе.

Библиографический список

1. Улучшение сгорания обводненного и коксохимического мазута [Электрон-ный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.afuelsystems.com/ru/trga/s1.html> (дата обращения: 15.11.2024)

2. Никитин А.М. Управление технической эксплуатацией судов / А.М. Никитин. – СПб.: Политехн. ун – т., 2006. – 360 с.

3. Безюков О. К. Современные присадки к дизельному топливу / О.К.Безюков, В.А. Жуков, М.М.Маад // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия: Морская техника и технология. – 2016.– № 1. – С. 28–33.

4. Топливная система судовой дизельной установки и процесс топливообра-ботки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://seaman.org/obrabotka-topliva.html> (дата обращени: 10.10.2024).

5. Данилов А. М. Разработка и применение присадок к топливам в 2006-2010 гг.: аналитический обзор / А.М. Данилов // Химия и технология топлив и масел: научно-технический журнал. – 2011. – № 6. – С. 41–45.

6. Технология обработки судового топлива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sea-man.org/sistemi-podgotovki-topliva.html> (дата обращения: 14.09.2024).

7. Кондрашёва Н. К. Дизельные топлива. Способ улучшения смазывающих свойств / Н.К. Кондрашёва, А.М. Еремеева, К.С. Нелькенбаум, С.А. Нелькенбаум и др. // Neftegaz.RU. – 2018. – №4. – С. 34–40.

8. Loizzo M.R. Comparative chemical composition, antioxidant and hypoglycaemic activities of *Juniperus oxycedrus* ssp. *oxycedrus* L. berry and wood oils from Lebanon / M.R. Loizzo, R. Tundis, F. Conforti, A.M. Saab // Food Chem. – 2007. – V. 105 – Pp. 572–578.

9. Haider N. Loss of Chimassorb 944 from LDPE and identification of additive degradation products after exposure to water, air and compost / N. Haider, S. Karlsson // Polym. Degrad. Stab. – 2001. – V.74. – Pp. 103–112.

10. Патров Ф.В. Использование водотопливной эмульсии при эксплуатации судовых двс / Ф.В. Патров, О.С. Вахромеев // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия: Морская техника и технология. – 2009. – №1. – С. 223–225.

11. Дерюгина Л.А. Новое в использовании топлива на морском флоте / Л.А. Дерюгина // Neftegaz.RU. – 2012. – №12. – С. 45–50.

12. Саблина З.А. Присадки к моторным топливам / З.А. Саблина, А.А. Гуреев. – М.: Химия, 1977. – 255 с.

13. Раббимов Ж.Ш. Получение присадок, повышающих цетановое число дизельного топлива из вторичного сырья и изучение их свойств / Ж.Ш. Раббимов, С.Ф. Фозилов и др. // Universum: технические науки: электрон. научн. журнал. – 2024. – Т. 121. – № 4 – С. 62–67.

14. Свойства и характеристики дизельного топлива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.petroplus.ru/article/svojstva-i-kharakteristiki-dizelnogo-topliva/> (дата обращения: 14.10.2024).

15. Фозилов С.Ф. Синтез и изучение высших жирных спиртов на основе промышленных отходов и их применение для улучшения свойств дизельных топлив / С.Ф. Фозилов, О.Б. Ахмедова, М.З. Комилов и др. // Universum: технические науки: электронный научный журнал. – 2020. – Т. 71. – № 2. – С. 56–62.

16. Волков А.И. Большой химический справочник / А.И. Волков, И.М. Жарский. – Минск: Современная школа, 2005. – 605 с.

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА

Макаренко Кирилл Максимович

Студент

E-mail: makarenkokirill87@gmail.com

Немчинов Егор Сергеевич

Студент

E-mail: vazeval396@gmail.com

Норкин Владислав Сергеевич

Студент

E-mail: norokin_ant@mail.com

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

AREAS OF APPLICATION OF AN UNMANNED UNDERWATER VEHICLE

Nemchinov Egor

Student

Vladislav Norkin

Student

Makarenko Kirill

Student

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

АННОТАЦИЯ. В современном судостроении особое внимание уделяется перспективам развития БПА, их внедрению в научные исследования и практические методы работы в условиях быстрого развития технологий.

Ключевые слова: БПА, преимущество, недостатки, развитие, разработка, инновации, автономные подводные аппараты, дистанционно управляемые подводные аппараты.

ABSTRACT. In modern shipbuilding, special attention is paid to the prospects for the development of BPA, their implementation in scientific research and practical methods of work in conditions of rapid technological development.

Keywords: UUV, advantage, disadvantages, development, development, innovation, autonomous underwater vehicles, remotely operated underwater vehicles.

Введение

Современные исследования океанов и морей сталкиваются с рядом проблем, включая необходимость эффективного мониторинга подводной среды, изучения экосистем и выявления ресурсов, доступных на морском дне. Традиционные методы, такие как маневрирование с помощью пилотируемых судов и подводных аппаратов, имеют ограничения, связанные со значительными затратами, высоким риском и ограниченной маневренностью. Это создает острую необходимость в более эффективных, безопасных и экономически обоснованных решениях для исследования и эксплуатации подводного пространства. Беспилотные подводные аппараты (БПА) представляют собой перспективную технологию, способную справиться с этими задачами, но их потенциал в различных сферах применения еще не полностью исследован и реализован.

Основная часть

С быстрым развитием технологий и стремительным прогрессом в области робототехники беспилотные подводные аппараты (БПА) становятся важным инструментом для современного изучения подводных экосистем. Они находят применение в различных сферах, таких как океанография, экологический мониторинг, добыча ресурсов, военные операции и исследование подводных археологических объектов. Эти устройства открывают новые возможности для эффективного и безопасного исследования морских глубин, позволяя решать задачи, которые ранее были труднодоступными или невыгодными при использовании традиционных методов.

Беспилотный подводный аппарат (БПА) – это высокотехнологичное устройство, которое может функционировать в подводной среде без непосредственного участия человека. БПА могут быть автономными или управляться дистанционно, что позволяет им выполнять широкий спектр задач в условиях, которые могут быть опасны или труднодоступны для людей.

БПА могут быть:

- ✓ Автономные подводные аппараты (АПА): они способны выполнять задачи самостоятельно, следуя заранее запрограммированным маршрутам или реагируя на изменения в окружающей среде.
- ✓ Дистанционно управляемые подводные аппараты (ROV): эти аппараты управляются оператором с поверхности с помощью кабеля или беспроводной связи и обычно используются для задач, требующих более точного управления.

БПА могут быть оснащены различными датчиками, камерами высокого разрешения, манипуляторами, гидролокационными системами и даже инструментами для проведения химического анализа. Такое оборудование позволяет им осуществлять не только визуальные наблюдения, но и собирать данные о физико-химических свойствах воды и морского дна.

Таким образом, беспилотные подводные аппараты играют важную роль в современных исследованиях и технологиях, значительно расширяя наши возможности по изучению и охране океанов и морей. Их способность работать в сложных и опасных условиях делает их незаменимыми в различных областях науки и промышленности.

Подводные беспилотные аппараты (БПА) имеют широкий спектр сфер применения, включая:

Исследования океана и морской геологии: БПА могут использоваться для изучения дна океана, обнаружения подводных вулканов, исследования морской фауны и флоры, а также для сбора образцов морской воды.

Морские мониторинговые операции: БПА могут использоваться для мониторинга морского окружения, контроля загрязнения и др.

Поиск и спасение: БПА могут быть использованы для поисково-спасательных операций на море, поиск потерпевших кораблекрушения и т.д.

Судовождение: БПА могут помогать в навигации и обеспечении безопасности судоходства.

Оборона и безопасность: БПА могут использоваться для обнаружения и нейтрализации подводных объектов, патрулирования военных районов и т.д.

Рыболовство и добыча ресурсов: БПА могут быть использованы для контроля рыболовных участков, обнаружения стадий рыб и других морских животных, а также для добычи ресурсов под водой (например, газа или нефти).

Туризм и развлечения: БПА могут быть использованы для подводных экскурсий, наблюдения за морской жизнью и др.

Так же они могут применяться в осмотре подводной части судов, трубопроводов, подводных коммуникаций; исследование подводной флоры и фауны; сопровождение дайверов, визуальный контроль проведения работ.

Это лишь некоторые из областей, в которых подводные беспилотные аппараты могут быть полезными. В зависимости от их технических характеристик и возможностей, они могут находить применение во многих других сферах.

Преимущества и недостатки беспилотного подводного аппарата (БПА).

Преимущества:

Безопасность: БПА способны выполнять задачи в сложных и опасных условиях (например, в глубоких водах или загрязненных зонах) без угрозы для жизни операторов и исследователей.

Экономичность: снижение расходов на персонал и оборудование, поскольку автономные системы могут функционировать без постоянного контроля со стороны человека, что уменьшает операционные затраты.

Долговременное функционирование: эти аппараты могут проводить длительные миссии на больших глубинах, где присутствие человека невозможно, тем самым обеспечивая продолжительный сбор данных.

Высокая точность сбора данных: современные модели оснащены датчиками и камерами, что позволяет качественно собирать и анализировать информацию, повышая точность исследований.

Гибкость применения: БПА могут быть настроены для выполнения широкого спектра задач, включая научные исследования, экологический мониторинг и инспекцию подводных объектов в промышленных целях.

Автономная работа: большинство БПА могут самостоятельно принимать решения и корректировать маршрут в зависимости от меняющихся условий.

Недостатки:

Ограничения по глубине и продолжительности работы: у некоторых БПА есть ограничения по максимальной глубине погружения и времени работы без подзарядки, что может ограничивать их применение.

Зависимость от технологий: эффективность работы БПА зависит от сложного программного и аппаратного обеспечения, что может приводить к сбоям и поломкам, требующим обслуживания.

Недостаток человеческого контроля: автономные устройства могут столкнуться с ситуациями, в которых потребуется вмешательство человека, что может быть сложным или невозможным.

Высокая стоимость: внедрение и обслуживание современных БПА могут потребовать значительных первоначальных инвестиций, что может быть невыгодно для небольших компаний.

Адаптация к изменяющимся условиям: несмотря на наличие систем искусственного интеллекта, БПА могут испытывать трудности с быстрой адаптацией к неожиданным изменениям в подводной среде.

Низкая скорость под водой: низкая скорость беспилотных подводных аппаратов обусловлена гидродинамическими свойствами, необходимостью тщательной навигации и эффективной работы датчиков, что влияет на эффективность выполнения задач.

Несмотря на все недостатки, беспилотные подводные аппараты облегчают выполнение поставленных различных задач. И чтобы разобраться в

эффективности БПА, понять на сколько они эффективны, было принято решение создать модель подводного беспилотного аппарата «Трилобит-1», который разрабатывается в Севастопольском государственном университете. Главным преимуществом которого являются высокая скорость по сравнению со своими собратьями. На данный момент расчётная и графическая части находится под разработкой.

Основной сферой применения «Трилобита-1» является патрулирование и выявление различных дефектов морских сооружений, трубопроводов, коммуникационных кабелей, а также для анализа состояния корпуса судна.

Выводы

Беспилотные подводные аппараты обладают множеством преимуществ, что делает их ценными инструментами как для научных исследований, так и для промышленных задач. Тем не менее, при планировании операций необходимо учитывать их ограничения и недостатки. Балансирование между потенциальными выгодами и рисками использования БПА является важным аспектом для их эффективного применения.

Библиографический список

1. Заслонов В.В. Развитие глубоководной роботизированной техники. История вопроса / В. В. Заслонов, Н. А. Кравченко // Молодой ученый. – 2016. – № 7 (111). – С. 85-88. – URL: <https://moluch.ru/archive/111/27877/> (дата обращения: 07.02.2025).
2. Бочаров Л.Д. Необитаемые подводные аппараты: состояние и общие тенденции развития // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2009. – № 8. – С. 88-93.
3. Лазарев Е.С. Пути совершенствования океанографических необитаемых подводных аппаратов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 3. С. 172–180.

ВВЕДЕНИЕ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРИ РАСЧЕТЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ СУДОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С НАЛИЧИЕМ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЗАКРЫТОГО ТИПА

Настюшкин С.И.

Студент

Крамарь В.А.

профессор

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

INTRODUCTION OF A CORRECTION FACTOR IN THE CALCULATION OF THE VENTILATION SYSTEM OF SHIP PREMISES WITH THE PRESENCE OF CLOSED-TYPE BATTERIES

Nastyushkin S.I.

Student

Kramar' V.A.

Professor

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

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена анализу возможности введения поправочного коэффициента при расчете системы вентиляции аккумуляторных помещений и аккумуляторных ящиков с аккумуляторными батареями закрытого типа (АКБ). В работе был проведен анализ существующих современных типов батарей, их принцип работы и его влияние на состав газовой-душной смеси помещения, в котором они находятся. Использование данных на примере аккумуляторов закрытого типа COSLIGHT помогло определить, что данные не обслуживаемые батареи, не выделяют газов в процессе эксплуатации и их установка допускается в любых помещениях, кроме жилых, независимо от зарядной мощности, и не приводит к изменению категории помещения по уровню пожаровзрывобезопасности. Практическая значимость работы определяется возможностью использования поправочного коэффициента в расчете и проектировании судовой вентиляции помещений с наличием аккумуляторных батарей, что позволит, в большинстве случаев, избежать применения дорогостоящей системы вентиляции с искусственным побуждением и замену ее на естественную приточно-вытяжную систему. **Ключевые слова:** аккумуляторные помещения, аккумуляторные батареи, судовая вентиляция, проектирование системы вентиляции.

ABSTRACT. The article is devoted to the analysis of the possibility of introducing a correction factor in the calculation of the ventilation system of battery rooms and battery boxes with closed batteries. The work analyzed the existing modern types of batteries, their principle

of operation and its effect on the composition of the gas-air mixture of the room in which they are located. Using the data on the example of Sonnenschein SOLAR closed-type batteries helped to determine that these batteries are not serviced, do not emit gases during operation and their installation is allowed in any premises except residential, regardless of charging capacity, and does not lead to a change in the category of premises according to the level of fire and explosion safety. The practical significance of the work is determined by the possibility of using a correction factor in the calculation and design of marine ventilation of rooms with the presence of rechargeable batteries, which will, in most cases, avoid the use of an expensive ventilation system with artificial motivation, replace it with a natural supply, and exhaust system.

Keywords: storage rooms, storage batteries, marine ventilation, ventilation system design.

Введение

С 80-х годов начинают активно использовать необслуживаемые аккумуляторные батареи, в том числе и в судостроении, в качестве моноблочных АКБ предусматривается применение необслуживаемых свинцово-кислотных АКБ с регулирующим клапаном смотри рис. 1 для предотвращения опасно высокого внутреннего давления, и предназначенным для работы в течение всего срока службы. Батареи находятся в исходном закрытом состоянии (valve regulated lead-acid, VRLA), с желеобразным электролитом (gel), предпочтительно изготавливаются с трубчатыми (панцирными) положительными пластинами (технологии tubular plate, OPzV) для увеличения их срока службы. В соответствии с терминологией, применяемой в Правилах РС [1], эти АБ называются «необслуживаемые батареи, не выделяющие газов в процессе эксплуатации» и «АБ закрытого типа». Их установка допускается в любых помещениях, кроме жилых, независимо от зарядной мощности АБ, и не приводит к изменению категории помещения по уровню пожаровзрывобезопасности.



Рисунок 1 – Типовой вид регулирующего клапана аккумуляторных батарей

Любой свинцовый аккумулятор в процессе заряда выделяет некоторое количество газов. Аккумуляторы с предохранительным клапаном имеют высокую степень рекомбинации газов (>98%) и для элементов, эксплуатируемых при температуре 20°C и в нормальных условиях, вентиляция фактически не

требуется. Лабораторные испытания [3] дают следующие показатели объемов выделения газа:

- 2 мл/А·ч/эл. /месяц при поддерживающем заряде 2.27 В/эл;
- 10 мл/А·ч/эл. /месяц при напряжении заряда 2.4 В/эл.

Количество газа, выделяемого в окружающую среду (в основном это водород – 80-90% объема), очень мало, что позволяет размещать батареи с предохранительным клапаном в помещениях, где размещено электрооборудование, не опасаясь при этом взрыва или возникновения коррозии при нормальных условиях эксплуатации. При любых обстоятельствах, эти помещения или шкафы с электрооборудованием должны иметь естественную или же принудительную вентиляцию и не должны быть полностью герметичными.

При нормальных условиях работы объем выделяемых газов из свинцово-кислотных батарей достаточно низок, но количество газов в воздухе может стать взрывоопасным, если концентрация водорода будет выше 4% объема воздуха. Целью вентилирования места установки батарей и помещения при помощи естественной или принудительной (искусственной) вентиляции является поддержание концентрации водорода ниже установленного предела, указанного ранее. Места установки батарей и помещения считаются взрывобезопасными, если концентрация водорода поддерживается ниже этого безопасного предела [2].

Что касается аккумуляторных батарей закрытого типа с предохранительным клапаном то типовые батареи этой технологии COSLIGHT, производства Harbin Guangyu (Coslight) Storage Battery Mfg. Co., Ltd.”, КНР были детально изучены Федеральным государственным учреждением «Всероссийского Ордена «Знак Почета» научно- исследовательским институтом противопожарной обороны (ФГУ ВНИИПО МЧС России) на концентрации выделения водорода при заряде, а также применению типа вентиляции [3], и показали незначительность выделяемого объема водорода, что в большинстве случаев допускает применение естественной вентиляции в обслуживаемом помещении с АКБ.

Согласно Правила классификации и постройки морских судов п.12.10.5 [1]:

Расход воздуха Q , м³/с, при вентиляции аккумуляторного помещения или ящика должен быть не менее определяемого по формуле

$$Q = 3,06 \cdot 10^{-5} I n,$$

где I – максимальный зарядный ток во время выделения газов, но не менее 0,25 максимального тока зарядного устройства, А;

n – число элементов батареи.

При этом тип аккумуляторной батареи нормативный документ никак не регламентирует. Согласно данной формулы, при расчете системы вентиляции, зачастую приходится прибегать к установке вентиляторов и применению вентиляции с искусственным побуждением в помещении.

Естественная же вентиляция согласно документа [1] применяется в случае если необходимый расход воздуха, вычисленный по вышеуказанной формуле, составляет менее $2,36 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$;

Учитывая вышеизложенное целесообразно применение понижающего коэффициента f , согласно таблицы 1.

Таблица 1 – Введение и обоснование на применение коэффициента

Наименование правил	Требования правил (раздел, номер пункта)	Отступление от требований правил	Обоснование отступлений
Правила РС, часть VIII п. 12.10.5 [1]	12.10.5 Расход воздуха Q, $\text{м}^3/\text{с}$, при вентиляции аккумуляторного помещения или ящика должен быть не менее определяемого по формуле $Q = 3,06 \cdot 10^{-5} I n,$ где I – максимальный зарядный ток во время выделения газов, но не менее 0,25 максимального тока зарядного устройства, А; n – число элементов батареи.	12.10.5 Расход воздуха Q, $\text{м}^3/\text{с}$, при вентиляции аккумуляторного помещения или ящика должен быть не менее определяемого по формуле $Q = 3,06 \cdot 10^{-5} I n f,$ где I – максимальный зарядный ток во время выделения газов, но не менее 0,25 максимального тока зарядного устройства, А; n – число элементов батареи; f – коэффициент, учитывающий типа батарей: $f = 1$ для аккумуляторных батарей открытого типа, $f = 0,25$ для аккумуляторных батарей закрытого типа	Формула для определения необходимого расхода воздуха при вентиляции аккумуляторного помещения, приведенная в п. 12.10.5 части VIII «Системы и трубопроводы» Правил морских судов, не учитывает рекомбинацию выделяемых газов в закрытой (герметичной) аккумуляторной батарее. Предлагаем ввести отдельные коэффициенты для открытых (вентилируемых) аккумуляторных батарей и закрытых (герметичных). Обращаем внимание, что такие коэффициенты присутствуют в расчете вентиляции аккумуляторных помещений по правилам других классификационных обществ (например, см. [9.4.4] [4])

Выводы

В работе обоснована возможность применения понижающего коэффициента для расчета системы вентиляции помещений с наличием не обслуживаемых аккумуляторных батарей. Что позволяет понизить производительность системы вентиляции до 75 %, при этом может позволить не выполнять установку вентиляторов, дополнительного электрооборудования и средств контроля и управления ими за счет применения системы естественной вентиляции.

Однако при проектировании системы вентиляции, данное отступление необходимо согласовывать с Российским морским регистром судоходства либо другим классификационным обществом, осуществляющим согласование проектной документации.

Библиографический список

1. «Правила классификации и постройки морских судов» РС, 2019 г.
2. Аккумуляторные батареи FIAMM. Тип AGM. Руководство по установке и эксплуатации – Техническое руководство. Ред. 03/2018.
3. Заключение о пожаровзрывобезопасности аккумуляторов COSLIGHT стационарных свинцовых герметизированных необслуживаемых серии GFM и GFMG производства “Harbin Guangyu (Coslight) Storage Battery Mfg. Co., Ltd.”, КНР. За подписью доктора технических наук, профессора И.А. Болодьяна. Москва 2002.
4. Rules for classification: Ships – DNV-RUSHIP Part 4 Chapter 8 Electrical installations Sec. 2.

СУДА С ИНВЕРСНЫМ НОСОМ ДЛЯ АРКТИКИ

Никонова Екатерина Александровна

студент

E-mail: katyanikonova355@mail.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*

INVERTED BOW VESSELS FOR THE ARCTIC

Nikonova Ekaterina 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. На основе проанализированных материалов государственных стратегий определены типы морских сооружений, необходимые для освоения шельфа арктических морей по добыче нефти и газа. Выполнен анализ по глубинам акваторий на протяжении Северного морского пути с целью определения максимально возможных габаритных размеров по осадке судов. Выполнен анализ архитектурно-конструктивных особенностей морских судов типа X-BOW, предназначенных для эксплуатации в условиях Арктики. Выявлены преимущества и недостатки судов данного типа. Выполнена сравнительная характеристика конструктивных особенностей форштевней и дана оценка соотношений главных размерений.

Ключевые слова: архитектурно-конструктивные особенности, круглогодичное обслуживание Северного морского пути, форштевень, суда типа X-BOW, инверсный (обратный) нос, главные размерения.

ABSTRACT. The types of offshore structures necessary for the development of the Arctic seas shelf for oil and gas production were determined based on the analyzed materials of state strategies. An analysis of the water areas depths along the Northern Sea Route was carried out in order to determine the maximum possible overall dimensions based on the vessels draft. An analysis of the architectural and design features of the X-BOW type sea vessels, intended for operation in the Arctic, has been carried out. The advantages and disadvantages of X-BOW type vessels are revealed. A comparative description of the stems design features has been carried out. An assessment of the dimensions relationships has been given.

Keywords: architectural and structural features, year-round maintenance of the NSR, stem, X-BOW type vessels, inverse (reverse) bow, dimensions.

Введение

Перспективы развития Арктической зоны непосредственно связаны с открытием значительных запасов нефти и газа, что требует применения новых технологий и технических средств для ее освоения. Основные цели и задачи по освоению Арктики изложены в «Стратегии развития арктической зоны Российской Федерации и обеспечении национальной безопасности на период до 2035 г.» [1]. Внедрение новых технологий освоения морских нефтегазовых месторождений, обеспечивает технологическую стабильность и независимость России, что неразрывно связано с государственной программой Российской Федерации «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 годы» [2].

Северный морской путь – СМП (рис. 1) является кратчайшим морским путем между Европейской частью России и Дальним Востоком, проходящим по морям Северного Ледовитого океана и Тихого океана. СМП в соответствии с Федеральным законом «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации» (1998 г.) определяется как «исторически сложившаяся национальная единая транспортная коммуникация Российской Федерации в Арктике».

Востребованность Северного морского пути, как транспортного коридора будет возрастать в результате климатических изменений – значительным уменьшением суммарной площади ледовых полей, покрывающих арктические моря. Кроме того, необходимо учитывать стратегическое значение Арктической зоны, в которой располагаются объекты стратегических сил сдерживания в целях недопущения агрессии против Российской Федерации и ее союзников – это полностью подтверждает, как перспективу, так и необходимость развития арктической зоны, а также актуальность темы исследования [3].

Длина маршрута СМП от мыса Желания до мыса Дежнёва составляет около 7–15 дней без заходов в порты при скорости хода 5–13 узлов. По пути следования от полуострова Ямал до Чукотского полуострова основными портами для захода являются: Сабетта, Диксон, Тикси, Певек, мыс Шмидта

(рис. 1). Необходимым условием, для обеспечения безопасного плавания и увеличения грузопотоков по трассам СМП, является развитие новой инфраструктуры портов Арктики, а также модернизация существующих [4]. Основные положения по развитию портов изложены в [5].

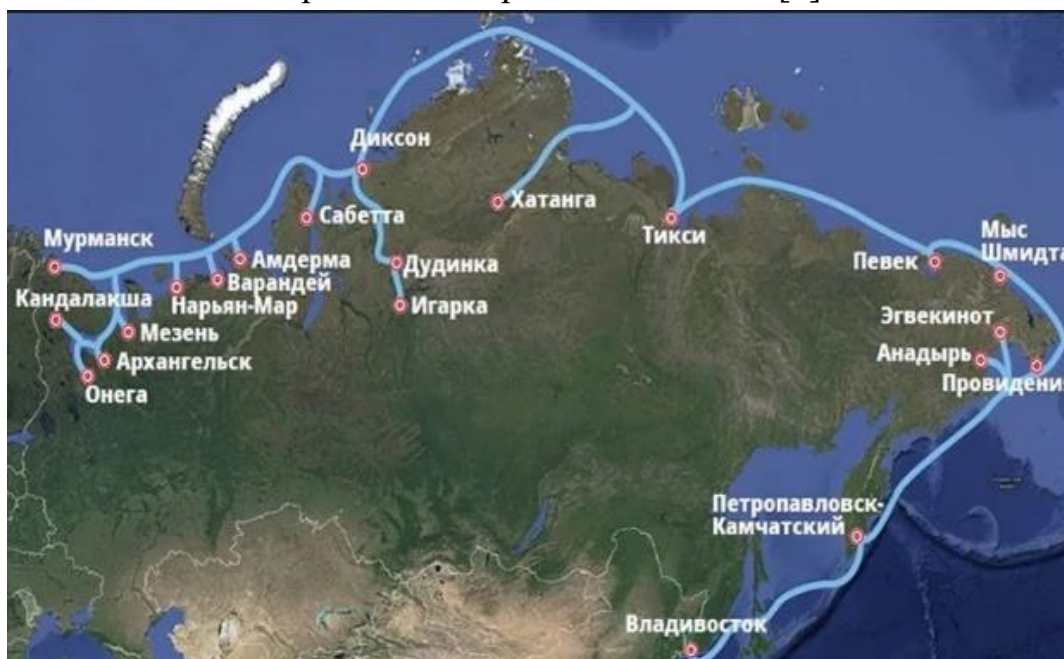


Рисунок 1 – Порты Арктической зоны

Выполнен анализ акваторий по глубинам на основе осадок судов допустимых для эксплуатации по трассе СМП с возможностью базирования в данных портах:

Байдарская Губа (Карское море).....	8,0 м;
Диксон (юго-восточная часть Карского моря)	8,0 м;
Дудинка (правый берег р. Енисей)	11,2 м;
Певек (Чаунская губа, Восточно-Сибирское море)	9 м;
Тикси (западный берег бухты Тикси моря Лаптевых)	3,9 м;
Хатанга (правый берег р. Хатанга).....	4,17 м;
Мурманск (Кольский п-ов, побережье Баренцева моря).....	12,5 м;
Архангельск (Белое море, устье реки Северная Двина).....	9,2 м.

Результаты исследования показали, что глубины акваторий на протяжении следования по СМП и в мелководной арктической зоне не превышают 10 м, таким образом суда, предназначенные для эксплуатации в данных районах, должны иметь осадку в диапазоне 5–9 м.

В Приложении 3 Стратегии [2], изложены три сценария проектов планов строительства гражданских судов и морской техники от 2021 до 2035 года – инновационный, целевой и консервативный, в каждом из которых на протяжении всего данного периода требуются построить от 19 до 65 судов снабжения и обеспечения. На основании этого, а также с учетом требований

других государственных документов и планов частных инвесторов по созданию морской техники для освоения Арктической зоны [6, 7], авторами работы в качестве объектов исследования были приняты суда снабженцы типа X-BOW, как перспективные морские сооружения для зоны Арктики.

Выбор и обоснование архитектурно-конструктивного типа

Арктический регион характеризуется суровыми климатическими условиями, коротким навигационным периодом, большая часть акваторий покрыта льдом. Поэтому, для развития арктической зоны необходима организация регулярного, надежного и быстрого сообщения между удаленными районами в указанных условиях, т.е. необходимо обеспечение возможности круглогодичной транспортировки грузов (судоходство). Таким образом, проектирование судов, способных круглогодично выполнять поставленные задачи, является одним из приоритетных направлений.

При выборе архитектурно-конструктивного типа (АКТ) судна для следования по трассе СМП и работы в Арктике необходимо учитывать природно-климатические условия, которые по акваториям арктических морей заметно отличаются. В Карском море лед отсутствует лишь на 2–3 месяца в году. Наиболее сильное волнение наблюдается в конце лета – в начале осени. Сильное волнение развивается, как правило, в северной части моря, между архипелагами Новая Земля и Северная Земля, высоты волн трехпроцентной обеспеченности ($h_{3\%}$) здесь могут достигать 13 м (1 раз в 100 лет). Акватория моря Лаптевых на 2–3 месяца в году освобождается ото льда. В сентябре и октябре волнение достигает максимума, высота волны $h_{3\%}$ может достигать 7–8 м. Волнение в Восточно-Сибирском море развито слабо, по сравнению с другими арктическими морями, вследствие его значительной ледовитости и мелководности. В акватории преобладает волнение с $h_{3\%}$ до 1,5–2 м (до 90 % безледового периода), 1 раз в 100 лет могут наблюдаться волны высотой $h_{3\%}$ до 8 м. В Чукотском море в июле и августе наличие льда и преобладание антициклональной погоды препятствует развитию волнения. В сентябре и октябре волнение бывает наиболее сильным, высота волн $h_{3\%}$ может достигать 11 м [8–10].

Анализ ледовых условий арктических морей (таблица 1) показывает их значительные различия, как по морям в целом, так и по районам одного моря; значительные различия наблюдаются также и по годам [11].

Суда типа X-BOW благодаря своим конструктивным особенностям способны перемещаться в любых погодных условиях. Кроме того, принадлежность их к классу Icebreaker позволяет выполнять ледокольные

работы в арктических морях при толщине льда до 2,0 м в зимне-весеннюю навигацию и до 2,5 м – в летне-осеннюю.

Таблица 1 – Распределение наличия ледовых образований и периодов «чистой» воды в Арктических морях

Море	Месяц											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Карское	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Лаптевых	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Восточно-Сибирское	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Чукотское	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Примечание:	■	- поверхность моря покрыта льдом;										
	■	- поверхность моря не покрыта льдом (чистая вода);										
	■	- поверхность моря может быть покрыта или не покрыта льдом, это зависит от того, насколько сурова зима.										

Основоположником проектирования судов типа X-BOW является норвежская компания «Ulstein». Головным судном данного типа является «Bourbon Orca» проекта AX-104 (рис 2), предназначенный для приема и постановки якорей шельфовых морских установок. В настоящее время судно эксплуатируется в Северном море. Якорь-завозчик «Bourbon Orca» построен в 2006 году. На судне установлена система «C-MAP Weatherview», которая благодаря электронным картам погоды, позволяет анализировать и моделировать погодные условия, особенно в Северном море. Эти данные помогают в принятии решений, для успешного выполнения предоставленных судну заданий.

Авторами в работе были рассмотрены реализованные проекты судов с инверсным (обратным) носом норвежской компании ULSTEIN и российских компаний (таблица 2).

Анализ показал, что осадка для судов компании Ulstein составляет 6 метров, судов российских компаний до 10 метров, что входит в пределы судов, для эксплуатации на трассе СМП.



Рисунок 2 – Порты Арктической зоны Судно «Bourbon Orca»

Таблица 2 – Проекты судов с инверсным носом

Главные размерения судна	Ulstein			Россия			
	Bourbon Orca	Viking Poseidon	Island Constructor	Кагерина Великая	Капитан Соколов	Витус Беринг	Вячеслав Тихонов
L, м	86,2	130	121	106	81,6	99,9	80,8
B, м	18,2	25	26	22	16	–	17
H, м	–	–	–	11,4	–	–	7,5
T, м	6	6	6	8	–	7,9	–
Δ, т	3500	–	–	–	5500	4158	–
скорость	14	16	14,2	15,5	15	15	17
экипаж	–	105	–	49	–	50	–
L/B	4,74	5,20	4,65	4,82	5,10	–	4,75
H/T	–	–	–	1,425	–	–	–
B/T	3,03	4,17	4,33	2,75	–	–	–
Примечание: прочерк «–» в ячейках означает отсутствие данных в открытых источниках.							

Результаты исследования. Анализ формы форштевней и соотношений главных размерений

Авторами работы были проанализированы конструктивные обводы форштевней реализованных проектов судов, место их эксплуатации и ледовый класс.

На основании данных приведенных в таблице 2 и проанализированных обводов форштевней построенных судов с инверсным носом, имеющих ледовый класс, выполнена сравнительная характеристика конструктивных особенностей форштевней и дана оценка соотношений главных размерений. Для отечественных судов «Катерина Великая» и «Витус Беринг» ледокольный форштевень в надводной части характеризуется наклонном, не достигающим до КВЛ, приобретает плавный наклон до 30° , наклон продолжается в подводной части до плавного перехода в килевую линию. Такой форштевень имеют ледоколы и суда, эксплуатирующиеся во льдах, для того чтобы судно во время хода могло наплзать на ледяное поле и под собственной тяжестью продавливать его. Суда типа «Катерина Великая» характерны более прямыми, ложкообразными оконечностями, которые свойственны ледокольному флоту.

Для судна «Капитан Соколов» носовая оконечность выполнена аналогично с новой архитектурой Enduro Bow. Однако у него ледовый класс в сравнении с подрезанным носом имеет меньшую ледовую проходимость. Такая форма имеет неоспоримые плюсы:

- снижается обледенение корпуса,
- значительно увеличивается внутреннее пространство,
- уменьшается сила удара встречных волн.

Для судов норвежских компаний характерен инверсный нос, позволяющий избежать и чрезмерной качки, и неравномерного распределения нагрузки на корпус. Суда с таким носом рассекают водную гладь изнутри, сохраняя при этом и скорость, и устойчивость, и топливо за счет равномерной нагрузки. «Родственником» инверсного носа является бульб. Форштевням судов норвежской компании характерен более резкий подъем оконечности с более острым носом, чем у российских.

Выводы

Актуальность выбранной направленности исследования подтверждается результатами, выполненного в работе анализа требований стратегий развития и других государственных документов, а также планов частных инвесторов. Проанализированы глубины акваторий на протяжении Северного морского пути и мелководных районов шельфовой добычи в Арктике. На основе данных материалов определены типы судов, необходимых для обеспечения морских буровых установок при освоении шельфа арктических морей и по созданию проектов инфраструктуры новых и модернизации существующих арктических портов.

Результаты исследования заключаются в обобщении требований государственных документов и планов частных инвесторов по созданию

морской техники для освоения Арктической зоны с целью создания наиболее перспективных типов судов для освоения зоны с суровыми климатическими условиями – Арктики. Результаты работы могут быть использованы для разработки планов по проектированию морских технических средств для Арктической зоны Российской Федерации, что позволит реализовать защиту суверенных прав государства на континентальном шельфе РФ, связанных с разведкой и освоением его природных ресурсов, а также способствовать устойчивому социально-экономическому развитию данного региона.

Перспективой дальнейших исследований является исследование ходкости судов типа X-BOW, на первом этапе – на чистой воде, а именно, создание математической модели и выполнение численного эксперимента, на основании которого будет выполнено физическое моделирование и постановка эксперимента в малом опытовом бассейне. Экспериментальные исследования в опытном бассейне, позволяют оценить, как положительные, так и отрицательные факторы, влияющие на мореходные качества судов с инверсным носом при выборе и уточнении конструктивных особенностей штевней для исследования ледовой ходкости и маневренности судов типа X-BOW.

Библиографический список

1. Указ Президента РФ № 645 от 26.10.2020 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» (В редакции указов Президента Российской Федерации от 12.11.2021 № 651, от 27.02.2023 № 126).

2. Распоряжение Правительства РФ № 2553-р от 28.10.2019 «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 г.».

3. Указ Президента Российской Федерации № 512 от 31.07.2022 «Морская доктрина Российской Федерации».

4. АО «ЦКБ «Коралл», АО «ОСК» Технический отчет по научно-исследовательской работе «Разработка технико-экономических предложений по созданию инфраструктурных объектов для арктических регионов с использованием судостроительных технологий на основе композитных (бетонных) и/или металлических стоечных судов» (заключительный, этап 2). Севастополь, 2020 г. Отчет 503 с., 1 кн., 185 рис., 77 табл., 1 прил.

5. «Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России на период до 2030 г.» (Одобрена на совещании членов Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации 28 сентября 2012 года).

6. Технический отчет «Разработка технических требований в части природных воздействий к перспективным объектам морской техники (платформы/суда) для разведки, бурения и добычи углеводородов в

глубоководной части арктического шельфа, включая требования безопасности для сооружений в эксплуатации и при выполнении морских технологических и эксплуатационных операций», Книга 2. – Санкт-Петербург: ААНИИ, 2012. – 162 с.

7. ООО «РН–КрасноярскНИПИнефть», ООО «Енисей ИнжинирингТехнико-экономический расчет терминала отгрузки товарной нефти и СЖТ, завода получения газа (ПГ, ПНГ), сжиженных углеводородных газов (СРГ, СНГ) с терминалом отгрузки» Морская часть. Севастополь 2014 г. Отчет 271 с., 114 рис., 47 табл., 5 источников, 5 прил.

8. Роснедра: государственный реестр участков недр, предоставленных в пользование, и лицензий на пользование недрами. – URL: <https://www.rosnedra.gov.ru> (дата обращения 11.07.2023).

9. Прогноз параметров ветрового волнения: Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане. Оперативный модуль ЕСИМО. – URL: <http://portal.esimo.ru/portal/portal/esimo-user/opermodule> (дата обращения 05.07.2023).

10. Сплоченность морского льда в Арктике (ежедневный анализ по спутниковым данным): Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане. Оперативный модуль ЕСИМО. – URL: <http://hmc.meteorf.ru/sea/ocean/ice/icen.html> (дата обращения 05.07.2023).

11. Думанская И.О. Ледовые условия морей азиатской части России. – М.: Обминск: ИГ–СОЦИН, 2017. – 640 с.

**АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ
ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК И КОМБИНИРОВАННЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА СУДАХ ТОРГОВОГО ФЛОТА
КАТАМАРАННОГО ТИПА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ТЯЖЕЛЫХ
НЕГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ**

Петрушечкин Андрей Юрьевич

доцент кафедры «Судовождение и безопасность судоходства»

E-mail: petrushechkinandrej@gmail.com

Бугаев Павел Александрович

к.т.н., доцент кафедры «Судовождение и безопасность судоходства»

Семенюта Андрей Викторович

преподаватель первой категории ЦК Судомеханических дисциплин

Морской Колледж.

Пожарова Марина Николаевна

преподаватель первой категории ЦК Судовождение

Морской Колледж.

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

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

**RELEVANCE OF USING MODERN GAS-TURBINE UNITS AND COM-
BINED POWER UNITS ON CATAMARAN-TYPE MERCHANT SHIPS FOR
TRANSPORTATION OF HEAVY LIFT CARGOES**

Petrushechkin Andrey Yurievich

Associate Professor of «Navigation and Safety»

Bugaev Pavel Alexandrovich

Condidate of Technical Science,

Semenuta Andrey Viktorovich

lecturer of the first category of Mechanical Engineering Disciplines.

Marine College

Pozharova Marina Nikolaevna

lecturer of the first category of Navigation Disciplines

Marine College

*Federal State Educational Institution
of Higher Education “Sevastopol State University”*

Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. Статья раскрывает современное видение решения сложных задач для судов катамаранного типа для перевозки тяжелых негабаритных грузов при использовании внедрении газотурбинных установок и комбинированных энергетических установок (дизель-газотурбинных или газотурбинных установок с частичным электро-движением) в современном судостроении. Она содержит краткий анализ сведений тактико-эксплуатационных характеристик для безопасной эксплуатации судов. Статья соответствует требованиям ИМО, ISM code. 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 и энергоустановки морских судов и сооружений.

Ключевые слова: ISM code, IMO, Multipurpose Heavy Lift.

ABSTRACT. The article reveals the modern vision of solving complex problems for catamaran-type ships for transportation of heavy oversized cargoes using gas turbine units and combined power plants (diesel-gas turbine or gas turbine units with partial electric propulsion) in modern shipbuilding. It contains a brief analysis of the information of tactical-operational characteristics for safe operation of ships. The article meets the requirements of IMO, ISM code. The article substantiates the development of modern shipbuilding. The paper 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 faculty of shipbuilding and power installations of marine vessels and structures.

Keywords: ISM code, IMO, Multipurpose Heavy Lift.

Введение

На начало 2024 года современное судостроение переживает бурный скачек идей для строительства различных типов судов, участвующих в международных и национальных морских перевозках. В современном глобальном мире перевозки тяжелых негабаритных грузов будут актуальны не только для Российской Федерации, но и для всего мира. Рассматривая задачи, которые поставил президент РФ В. В. Путин: Развитие судостроения в РФ; хочется заметить, что стране не обойтись без перевозки тяжелых негабаритных грузов и здесь на сегодняшний день слабое место – это наличие современных энергетических установок для судов, произведенных именно в Российской Федерации. Строительство новых современных судов в области перевозки Heavy Lift не просто востребовано на мировом флоте, но обязательно [1] потребуется для флота Российской Федерации. Проблема заключается в том, что быстро решить проблему замены импортных энергетических установок для строительства нашего торгового и военного флота может только комплексный подход к решению этой проблемы. Строительство судов класса Multipurpose Heavy Lift катамаранного типа почти полностью решает все ключевые проблемы по остойчивости судна как при погрузке, так и перевозке тяжелых негабаритных грузов при этом время загрузки в порту и доставки грузов потребителю значительно уменьшается. Однако нужно решить ключевую задачу – это

применение на судах такого типа новых современных и экономичных энергетических установок (желательно работающих на газе или на комбинированном виде топлива). И здесь, по нашему мнению, перспективным становится применение на судах именно газотурбинных установок и комбинированных энергетических установок (дизель-газотурбинных или газотурбинных установок с частичным электро-движением). Поэтому для полной картины по строительству судов катамаранного типа для Heavy Lift операций считаю необходимым дать разъяснения для специалистов судостроительной отрасли и обосновать правильность выводов практического применения и дальнейшего применения и эксплуатации газотурбинных установок и комбинированных энергетических установок. На сегодняшний день все мировые судостроительные компании активно проводят исследования в области изобретения и применения новых энергетических установок, работающих на новых и или хорошо забытых старых физических принципах. Но об этом в следующей статье. Думаю, в современных реалиях это перспектива ближайшего будущего, а пока перспективы использования газотурбинных установок и комбинированных энергетических установок (дизель-газотурбинных или газотурбинных установок с частичным электро-движением) более чем актуальны. Поэтому исследования и рекомендации, сделанные в этой работе, окажутся практически полезными не только для уже работающих судостроителей и конструкторов судовых двигателей, но и для преподавателей, студентов средних и высших морских учебных заведений и факультетов судостроения.



Рисунок 1 – Современный Российский ГТД

Цель исследования

Целью исследования является оценка возможностей и перспектив использования ГТД для судов морского торгового флота, учитывая требования, предъявляемые к энергетическим установкам морских и речных судов, существенно отличаются от требований, предъявляемых к корабельным ГТУ. Для анализа перспектив установки и эксплуатации ГТД на судах Multipurpose Heavy Lift катамаранного типа необходимо принимать во внимание следующие условия: 1) опыт использования ГТД на торговом морском и речном флоте; 2) программу развития судостроения в Российской Федерации; 3) возможности повышения энергоэффективности эксплуатации судовых ГТУ и обеспечения их соответствия экологическим требованиям в свете последних требований ИМО и МАРПОЛ; 4) и конечно же технологические возможности судостроительных и машиностроительных предприятий РФ[2].

Материалы и методы исследования

Строительство и самое главное эксплуатация морских и речных судов с газотурбинными двигателями имеется и за рубежом так и в РФ. В работе [3] приведены данные об отечественных и зарубежных грузовых судах с газотурбинными энергетическими установками. Данные о судах представлены в таблице.1.

Таблица 1 – Грузовые суда, оснащенные ГТД.

Название судна	“ Капитан Смирнов ”	“ Айрон монарх ”	“ Лусайн ”	“ Сивен принс ”	“ Шеврон оregon ”	Евролайнер ”	“ Финджет ”	“ Адмирал Каллэгэн ”
Тип судна	Ролкер	Ролкер	Метановоз	Паром	Танкер	Контейнеровоз	Паром	Ролкер
Год введения в эксплуатацию	1978	1973	1974	1975	1975	1971	1977	1967
Изготовитель	СССР	Австралия	Норвегия	Австралия	США	ФРГ	Финляндия	ФРГ
Дедвейт, т	36000	15450	20900	5500	35500	23100	23000	24000
Эксплуатационная скорость, узл	25	20	19,7	18	15	26	30,5	26

Технические характеристики ГТУ энергетических установок судов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики судовых ГТУ.

Название судна	Капитан Смирнов	Айрон монарх	Лусайн	Сивен принс	Шеврон оregon	Евролайнер	Финджет	Адмирал Каллагэн
Тип установки	Комбинированная	Промышленная	Промышленная	Промышленная	Промышленная	Авиационная	Авиационная	Авиационная
Цикл работы	Простой	Регенеративный	Регенеративный	Регенеративный	Регенеративный	Простой	Простой	Простой
Тип передачи	механическая	механическая	механическая	Электрическая	Электрическая	механическая	механическая	механическая
Частота вращения	130	125	125	200	100	170	135	145-135
Мощность ГТД	2 х 17300	12850	14700	8900	9200	2 х 27500	2 х 20000	2 х 15300
Вид топлива	Дизельное	Тяжелое	Дизельное	Дизельное	Дизельное	Дизельное	Дизельное	Дизельное
Удельный расход топлива	238	272	-	-	269	-	272	293 - 312

Из данных, представленных в таблицах 1 и 2 очевидно, что газотурбинные двигатели первого поколения, использовавшиеся в гражданском судостроении, имели мощность от 8,7 МВт до 27,5 МВт, использовались на крупнотоннажных судах различного назначения водоизмещением более 15 тыс. тонн, использовали жидкие топлива нефтяного происхождения. Основным недостатком ГТД являлся более высокий по сравнению с дизелями расход топлива.

Потребности Торгового и специального флота РФ составляют [4]: плавучие буровые установки и платформы – не менее 30 единиц, суда обеспечения – не менее 90 единиц, ледоколы – не менее 18 единиц, научно-исследовательские

суда – не менее 35 единиц, танкеры – не менее 40 единиц, суда для перевозки сжиженного газа – не менее 30 единиц. По последним данным в средствах массовой информации Правительство РФ совместно с ОДК, ОСК и бизнесом собирается увеличивать мощности для постройки крупнотоннажного флота и увеличения постройки современных энергетических установок для флота. В этих целях дополнительно к уже имеющимся верфям: «Звезда» на Дальнем Востоке, Северная верфь и верфям в Санкт Петербурге будет построено две верфи такого же класса как «Звезда». Минпромторг РФ так же поддерживает разработку и создание судна на подводных крыльях «Циклон» (рис. 2) полным водоизмещением 70,8 т, вместимостью 150 пассажиров для эксплуатации на Дальнем Востоке и в Калининграде. На судне планируется установить два турбовальных газотурбинных двигателя АИ-20А мощностью по 2,7 МВт, которые должны обеспечить дальность плавания судна до 500 км при крейсерской скорости 95 км/ч и максимальную эксплуатационную скорость – 100 км/ч.



Рисунок 2 – Судно «Циклон»

Большинство из перечисленных существующих и перспективных судов имеют энергетические установки мощностью в несколько МВт. Учитывая, что настоящее время в РФ не производятся дизельные двигатели большой мощности [5] то применение на флоте ГТД или комбинированных энергетических установок (дизель-газотурбинных или газотурбинных установок с частичным электро-движением) особенно работающих на газе, выпускаемых в нашей стране, имеют реальные перспективы применения на морском и речном флоте. Внедрение и применения этой перспективной стратегии мы уже видим при постройки танкеров ледового класса работающих с такими энергетическими установками на газе или на комбинированных видах топлива и с использованием ядерной энергии: Танкер типа «Афромакс», атомный ледокол проекта «Лидер» – Планируется построить 3 ледокола этого проекта, указ президента РФ ВВ Путина уже подписан (рис. 3).

Для того чтобы реализовать указанные перспективы необходимо выбрать схему ГТД, которая будет наиболее полно отвечать требованиям, предъявляемым к морской технике, так же учесть условия эксплуатации энергетической установки и определить направления модернизации ГТД для повышения их энергоэффективности. ГТУ по принципу передачи мощности потребителю можно разделить на прямодействующие, имеющие непосредственную связь с потребителем, и включающие механизмы передачи мощности. ГТУ первого типа вследствие высокой частоты вращения ГТД могут найти применение только в том случае, если приводной механизм (электрогенератор, компрессор, вентилятор и др.) допускает высокую частоту вращения. Главные ГТД могут иметь зубчатую или электрическую передачу. Наибольшее распространение имеет зубчатая передача, к. п. д. которой достигает 97...98 %. Электропередача используется на судах специального назначения: ледоколах, пассажирских судах. Ограниченный набор элементов ГТД (компрессор, камера сгорания, турбина) не исключает различных вариантов конструктивных схем.



Рисунок 3 – атомный ледокол проекта «Лидер»

Типовые схемы ГТД, имеющие перспективы использования в морском судостроении представлены на рис. 4.1 и рис. 4.2.

Конструктивные схемы ГТД: а) двухвальный ГТД с последовательным соединением турбин (по газовому тракту); б) двухвальный ГТД с перекрестным соединением турбин (по газовому тракту); в) трехвальный ГТД с последовательным соединением турбин (по газовому тракту); г) двухвальный ГТД с последовательным соединением турбин (по газовому тракту) и регенерацией теплоты отработавших газов; д)) трехвальный ГТД с последовательным соединением турбин (по газовому тракту), промежуточным охлаждением воздуха и регенерацией теплоты отработавших газов; е) двухвальный ГТД с последовательным соединением турбин (по газовому тракту), промежуточным охлаждением воздуха и регенерацией теплоты отработавших газов.

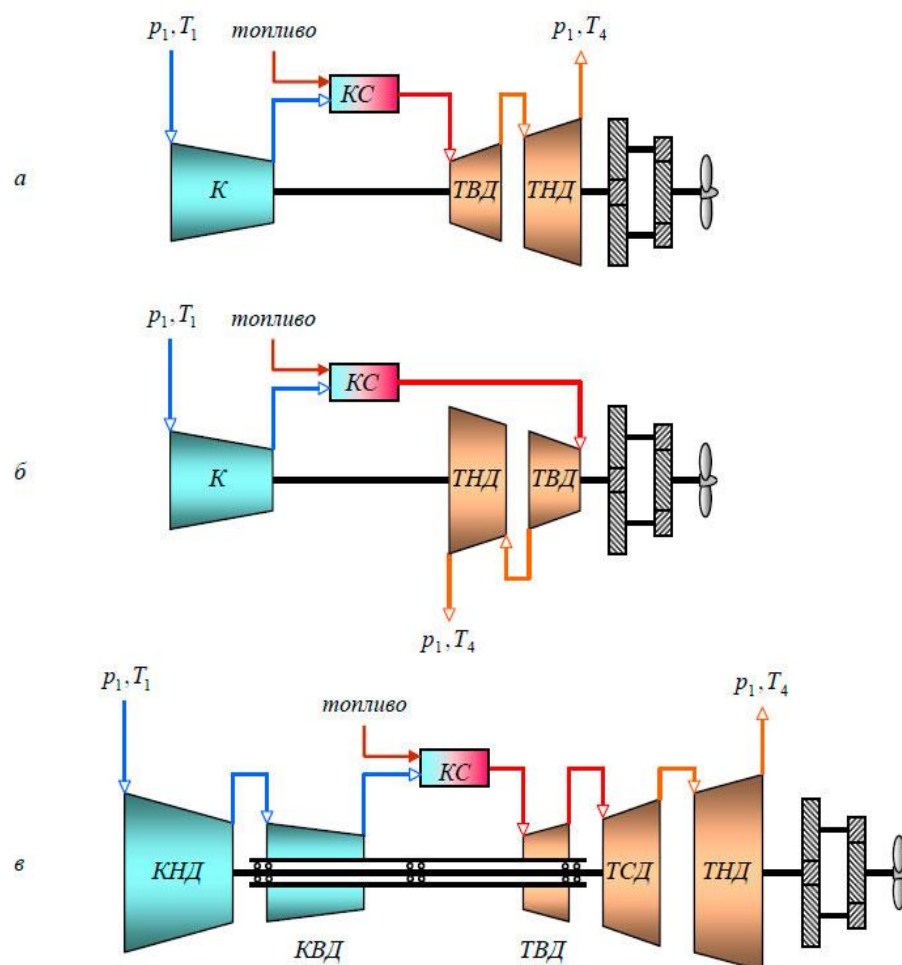


Рисунок 4.1 – Конструктивные схемы ГТД

Раздельное размещение приводов воздушного компрессора и пропульсивной установки, перекрестно или последовательно включенных в газовый тракт установки в своей основе имеет применение нескольких турбин. Одна из этих турбин является пропульсивной (передающей мощность на движитель), а другие турбины являются приводными для компрессоров. Достижение более высоких КПД в схемах ГТД с регенерацией теплоты, чем в прямоточных типах установок возможно. Эффективность применения этой системы регенерации зависит во многом от конструктивных особенностей теплообменников и их гидравлического сопротивления, определяющего потерю давления в воздушно-газовом тракте. В двухвальной установке применение регенерации нивелирует снижение КПД двигателя на кратковременных частичных нагрузках. Повышение возможностей энергетической эффективности судовых ГТУ и методика оценки использования вторичных энергетических ресурсов рассмотрены в работах [6, 7]. Преобразование авиационных и промышленных ГТД в ГТД для судов морского флота требует, как учета особых, сложных условий эксплуатации. Подробный анализ этой конвертации проведен в работах [8-9-10].

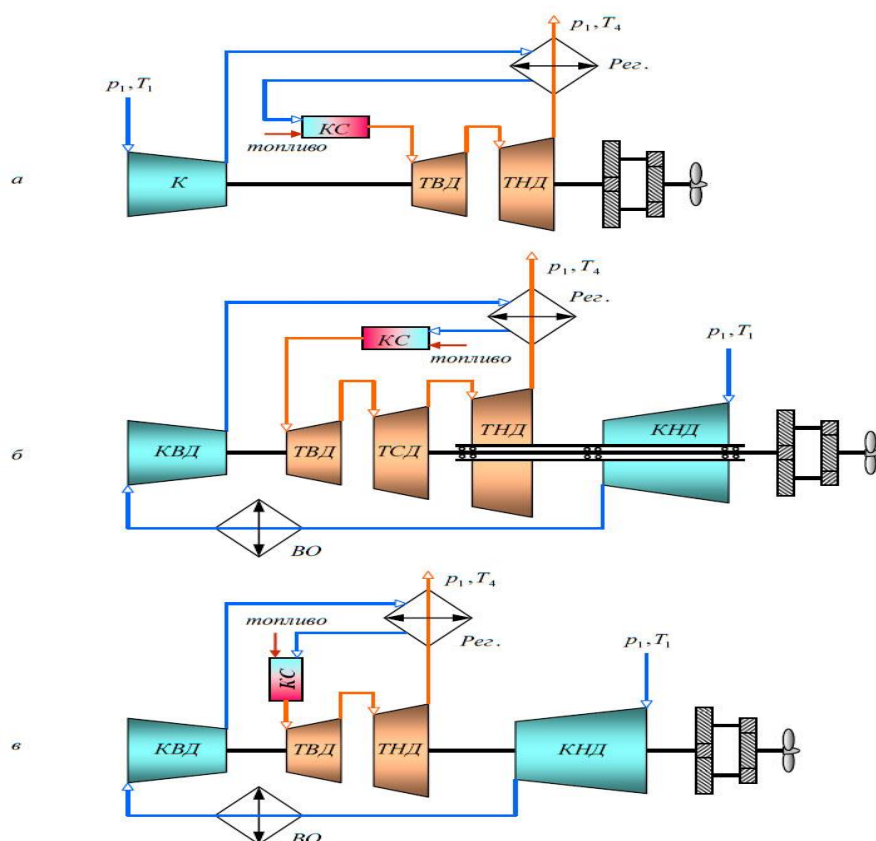


Рисунок 4.2 – Конструктивные схемы ГТД

Нужно учитывать, что на сегодняшний день основными эксплуатационными факторами являются как правило износы проточных частей компрессоров от кавитации и солевых отложений, а также выработка и износ лопаток турбин, влияющие на снижение экологических и экономических показателей значений работы судовой ГТУ. На сегодняшний день эти проблемы успешно решаются с внедрением в производство новых материалов и технологий изготовления лопаток турбин. Инновации для повышения эксплуатационной надежности ГТД, применяемых в судовых энергетических установках рассмотрены в работах [11, 12]. Для диагностирования систем судовых ГТД посвящены работы [13,14,15]. Для повышения эксплуатационных характеристик элементов судовых ГТД следует использовать конструкционные материалы, отвечающие передовым мировым стандартам эксплуатации [16], оптимизировать режимы работы ГТД [17] и температурные характеристики наиболее теплонагруженных элементов [18,19], внедрять передовые решения в конструкцию основных элементов ГТД на основании всесторонних научных исследований [20, 21].

Выводы

После проведенного анализа технической и научной информации, представленной в зарубежных и отечественных источниках, были сделаны следующие выводы:

1. Современные тенденции развития судостроения морского торгового флота дают оптимистичные надежды расширения использования и эксплуатации в составе судовых энергетических установок газотурбинных двигателей. Исходя из анализа самым рациональным является применение ГТД в СЭУ мощностью более 2 МВт.

2. В Российской Федерации отсутствует производство дизельных двигателей большой мощности, а производство газотурбинных двигателей успешно реализовано на отечественных предприятиях ОДК. Поэтому использования ГТД в составе СЭУ позволяет решить актуальную проблему импортозамещения.

3. Для эксплуатации на морском и речном флоте в зависимости от типа судна и его водоизмещения могут быть адаптированы как промышленные (стационарные), так и авиационные ГТД.

4. На сегодняшний день актуальными задачами, решаемыми при конвертации промышленных и авиационных ГТД в судовые, следует считать повышение их экономичности за счет внедрения совершенных рабочих процессов для максимально полного использования вторичных энергетических ресурсов и повышения эксплуатационных характеристик, за счет учета особенностей эксплуатации и рационального внедрения современных конструкционных материалов.

5. Современные инженерные решения и уже существующие конструктивные схемы ГТД позволяют достаточно полно использовать вторичные энергетические ресурсы при условии оптимального выбора параметров рабочего процесса и использования эффективного теплообменного оборудования.

На сегодняшний день исследования ведутся в области возможности использования природного газа и водорода в качестве альтернативного топлива для судовых газовых турбин, гибридные судовые энергетические установки на основе ГТД с возможностью использования различных видов топлива, а также разработка судовых газовых турбин замкнутого цикла, обладающих такими преимуществами как возможность использования практически любого источника теплоты, компактность, экологическая безопасность.

Все эти выводы дают нам уверенность в перспективности использования современных ГТД на судах класса Multipurpose Heavy Lift катамаранного типа.

Библиографический список

1 Буров М.Н. К вопросу о формировании облика семейства морских ГТД 5-го поколения / М.Н. Буров, В.А. Пономарев // В книге: Актуальные проблемы

морской энергетики. Материалы Восьмой международной научно-технической конференции. – 2019. – С. 40-47.

2 Буров М.Н. Направления разработки и создания корабельного газотурбинного двигателя 5-го поколения / М.Н. Буров, В.А. Пономарев // Судостроение. – 2020. – № 4 (851). – С. 29-34.

3 Болдырев О.Н. Судовые энергетические установки. – Северодвинск: Севмашвтуз, – 2003. – 171с.

4 Пашин В.М. Инновации и перспективы создания морской техники // Инновации.– 2011.– № 7(153). – С. 3-10.

5 Безюков О. К. Состояние и перспективы судового двигателестроения в России / О. К. Безюков, В. А. Жуков // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2017. – № 2. – С. 40–53.

6 Ерофеев В.Л. О возможностях использования вторичных энергетических ресурсов в судовых ДВС / В.Л. Ерофеев, В.А. Жуков, О.В. Мельник // Вестник ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2017. – №3 (43). – С. 570-580.

7 Жуков В.А. Использование вторичных энергетических ресурсов в судовых энергетических установках с газотурбинными двигателями / В.А. Жуков, М.С. Капустянский // В книге: Актуальные проблемы морской энергетики. Материалы девятой Международной научно-технической конференции. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2020. – С. 583-587.

8 McCreath C.G. Environmental factors that determine hot corrosion in marine gas turbine rigs and engines // Corrosion Science. – Volume 23, Issue 9. – 1983. – Pages 1017-1023.

9 Семенюк А.В. Влияние эксплуатационных факторов на параметры рабочего процесса судовых газотурбинных двигателей / А.В. Семенюк, Л.А. Семенюк, Н.Н. Тарашан // Вестник Морского государственного университета. – 2018. – № 83. – С. 84-89.

10 Wirkowski P. Parameterization of the operating conditions of the vessel's turbine engine in the aspect of the pollutant exhaust emission assessment / Paweł Wirkowski, Jarosław Markowski // Transportation Research Procedia. – Volume 40. – 2019/ – Pages 927-933.

11 Мясников Ю. Н. Эксплуатационные дефекты судовых дизельных и газотурбинных двигателей / Ю. Н. Мясников, В. С. Никитин, А. А. Равин // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2018. – № 3 (385). – С. 85-96.

12 Глушкова Д. Б. Повышение ресурса работы деталей судовых газотурбинных двигателей / Д. Б. Глушкова, Ю.Н. Дзюба // Вестник

Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2008. – № 42. – С. 24-27.

13 Воробьев Ю. М. Усовершенствование бортовых систем диагностирования судовых газотурбинных двигателей // Водный транспорт. – 2013. – № 2 (17). – С. 13-18.

14 Жорник М. Н. Оптико-электронная пирометрическая система / М. Н. Жорник, С. В. Веретенников, Е. Г. Колесова // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. – 2018. – № 4 (47). – С. 24-30.

15 Campora U. Marine gas turbines monitoring and diagnostics by simulation and pattern recognition / Ugo Campora, Carlo Cravero, Raphael Zaccone // International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering. – 2018. – Volume 10, Issue 5. – Pages 617-628.

16 Kourosh Vaferi. Thermo-mechanical simulation of ultrahigh temperature ceramic composites as alternative materials for gas turbine stator blades / Kourosh Vaferi, MohammadVajdi, SanamNekahi, SaharNekahi, FarhadSadegh Moghanlou, MehdiShahedi Asl, MohsenMohammadi // Ceramics International. – Available online 20 August 2020.

17 Володин Ю. Г. Теплообмен при пуске судового газотурбинного двигателя / Ю. Г. Володин, О. П. Марфина, Ю. И. Матвеев, М. Ю. Храмов // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2019. – № 58. – С. 153-158.

18 Володин Ю. Г. Особенности теплообмена в жаровой трубе судового газотурбинного двигателя в пусковом режиме / Ю. Г. Володин, Ю.И. Матвеев, М.Ю. Храмов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2018. – № 4. – С. 66-74.

19 Jian Liu. Effects of a pocket cavity on heat transfer and flow characteristics of the endwall with a bluff body in a gas turbine engine / Jian Liu, Safeer Hussain, Lei Wang, Gongnan Xie, Bengt Sundén // Applied Thermal Engineering. – 2018. – Volume 143. – Pages 935-946.

20 A. Fatsis. Design point analysis of two-shaft gas turbine engines topped by four-port wave rotors for power generation systems // Propulsion and Power Research. – 2019. – Volume 8, Issue 3. – Pages 183-193.

21 Martin Hughes. Challenges for Gas Turbine Engine Components in Power Generation // Procedia Structural Integrity. – 2017. – Volume 7. – Pages 33-35.

МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС ОЦЕНКИ РЕАЛИЗУЕМОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПОСТРОЙКИ СУДНА В РАМКАХ ЗАДАННОГО БЮДЖЕТА

Ряснов Александр Николаевич

Магистрант

E-mail: aleoris@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*

METHODOLOGY FOR EXPRESS ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF DESIGNING AND CONSTRUCTING A VESSEL WITHIN A GIVEN BUDGET

Ryasnov Alexander Nikolaevich

Master's Degree Student

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. С целью снижения объема противоречивых исходных данных, поступающих от Заказчиков на этапах, предшествующих проектированию маломерных судов, разработана методика уточнения характеристик судов. В основу методики входит сравнение характеристик судов реализованных проектов с ожиданиями Заказчика на базе предусмотренного им бюджета, и уточнение характеристик судна в случае выхода за рамки бюджета. Разрабатываемый программный продукт позволит Заказчику и проектной организации сформировать совместное видение проекта и определить первичные действия для подготовки адекватного технического задания.

Ключевые слова: проектирование судов, нейронные сети, анализ исходных данных.

ABSTRACT. In order to reduce the volume of conflicting initial data received from Customers at the stages preceding the design of small vessels, a methodology for clarifying the characteristics of vessels has been developed. The methodology is based on comparing the characteristics of ships of implemented projects with the expectations of the Customer on the basis of the budget provided by him, and clarifying the characteristics of the vessel in case of exceeding the budget. The developed software will allow the Customer and the project organization to form a joint vision of the project and determine the primary actions for the preparation of an adequate technical task.

Keywords: design, neural networks, analysis of source data.

Введение

Судно является сложной технической системой, обладающей длительным сроком эксплуатации порядка 20 – 25 лет. В течении всего срока эксплуатации судно должно оставаться эффективным и выполнять функции, заложенные на стадии проектирования и удовлетворяющие требованиям Заказчика.

На начальных этапах создания судна Заказчик определяет назначение, функционал, район эксплуатации и многие другие параметры судна, предоставляя значительный перечень исходных данных. На основании полученной информации проектант составляет оптимизационные математические модели, которые используются для решения различных кораблестроительных задач. Однако на практике проектные решения, получаемые при анализе данных моделей, могут обладать противоречивыми результатами.

Одной из причин получения подобных результатов являются неточности в исходных данных, их частичное отсутствие и взаимоисключающие требования, выдвигаемые Заказчиком к объекту проектирования. Наиболее часто подобные ситуации возникают с частным Заказчиком при проектировании маломерных судов, ярким примером среди которых являются яхты и прогулочные суда

Основной материал

Для снижения влияния подобных ситуаций на процесс проектирования используются средства управления проектами. В рамках данной выпускной квалификационной работы было произведено исследование современной отечественной и зарубежной патентной базы, направленное на изучение передовых методов управления проектированием. Далее приведены некоторые из наиболее ярких изученных изобретений.

1) Способ автоматизированного проектирования системы управления многопараметрическим объектом и программно-аппаратный комплекс для его реализации [1].

2) Комплексный метод строительства, основанный на технологии BIM [2].

3) Система планирования проекта [3].

Таким образом процессы проектирования и строительства стремительно развиваются, постепенно уменьшая свою трудоемкость. Однако, многие подобные процессы зачастую сводятся к оптимизации круга задач внутреннего проектирования, решаемых после одобрения технического задания.

Вопросы, возникающие на этапе разработки технического задания, остаются не освещёнными. Природой большинства подобных вопросов выступает отсутствие у Заказчиков понимания об объеме исходных данных для

проекта. Зачастую встречаются ситуации, когда у частного Заказчика имеются лишь поверхностные представления о судне, которое он ожидает получить.

Задача создания методов и средств, позволяющих снизить объем противоречивых данных на этапах, предшествующих проектированию, является актуальной.

Деятельность по созданию вышеописанных методов и средств основывается на следующих документах:

- Основная государственная программа: «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 годы».

- Соглашение между правительством г. Севастополя и ПАО «Банк-ВТБ»: Соглашение о сотрудничестве в рамках развития приоритетных отраслей экономики г. Севастополя.

В рамках решения поставленной задачи предлагается методика для программного продукта, выполняющего анализ первичных исходных данных Заказчика на противоречивость, дающего прогноз о возможности проектирования и постройки объекта в ограниченном бюджете с заданными характеристиками, а в случае выхода из бюджета, предлагающего рекомендации по корректировке основных характеристик.

Предлагаемый программный продукт на основе нейронной сети сравнивает ожидания Заказчика с выборкой ранее реализованных проектных решений, учитывая характеристики судов и их стоимость. Упрощенный алгоритм представлен на структурной схеме, приведенной на рис. 1.

В качестве основы для проектирования и объекта анализа нейронной сетью предлагается включить в программный продукт следующие характеристики судов: длина, ширина, осадка, район эксплуатации, автономность, пассажироместимость, материал и количество корпусов. В качестве движителя для всех прототипов принимается стационарный или навесной двигатель, как наиболее распространенные в отечественном судостроении.

В случае кардинального несоответствия характеристик прототипов ожиданиям Заказчика, последнему будут предложены рекомендуемые варианты изменения исходных данных, которые позволят реализовать проект в рамках заданного бюджета.

Выводы

Разработана методика, снижающая объем противоречивых данных на этапах, предшествующих проектированию маломерных судов. Разрабатываемый программный продукт позволит Заказчику и проектной организации сформировать совместное видение проекта и определить первичные действия для подготовки технического задания.

В перспективе программный продукт может быть расширен на широко востребованный в черноморском регионе рыболовный флот и иные типы судов.

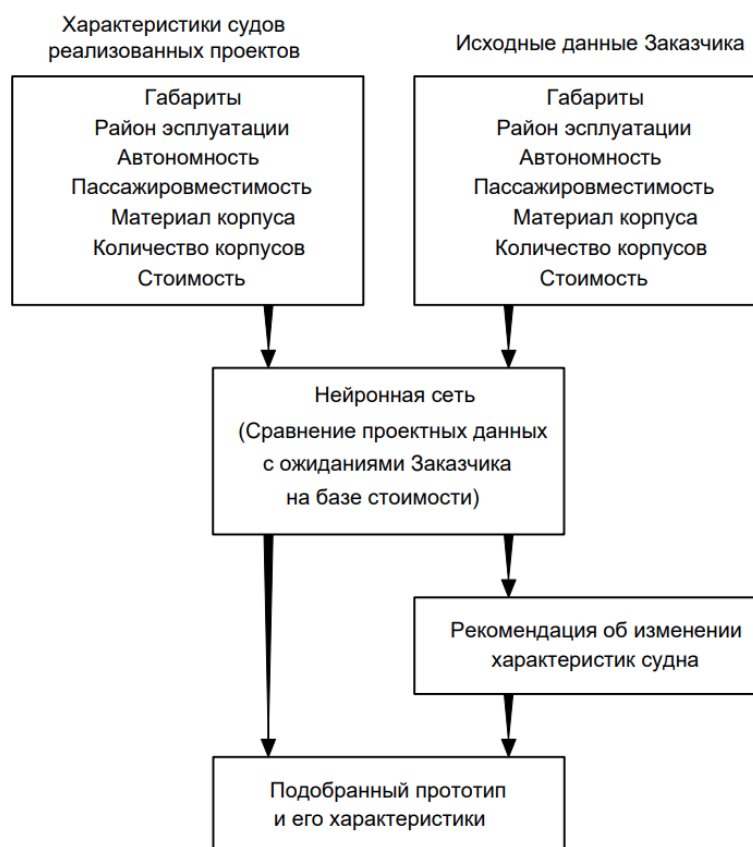


Рисунок 1 – Упрощенная структурная схема программного продукта

Библиографический список

1 Маслов С.А., Фролова М.А., Пильщикова М.Ю., Шаталов И.С. Устройство для проектирования сложной системы [Электронный ресурс] 2023. URL:

https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2798689&TypeFile=html (Дата обращения: 06.06.2024).

2 Yang Chao, Wang Xiaobo, Yan Tingyun Comprehensive construction method based on BIM technology [Электронный ресурс] 2018. URL: [https://patents.google.com/patent/CN109614723B/en?q=\(designing\)&oq=designing&page=9&peid=61a28be8c1f20%3A14a%3A2b7b33d5](https://patents.google.com/patent/CN109614723B/en?q=(designing)&oq=designing&page=9&peid=61a28be8c1f20%3A14a%3A2b7b33d5) (Дата обращения: 06.06.2024).

3 David A. Scholar, Project planning system [Электронный ресурс] 2021. URL: [https://patents.google.com/patent/US11720839B2/en?q=\(designing\)&oq=designing&page=17&peid=61a2935e3b240%3A16e%3Aed44eb9b](https://patents.google.com/patent/US11720839B2/en?q=(designing)&oq=designing&page=17&peid=61a2935e3b240%3A16e%3Aed44eb9b) (Дата обращения: 06.06.2024).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО УСПОКОИТЕЛЯ КАЧКИ ДЛЯ ПАССАЖИРСКОГО СУДНА

Самонов Илья Алексеевич

студент

E-mail: samonovilya2004@gmail.com

Жибоедов Вячеслав Владимирович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: frog_ii@mail.ru

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

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF A GY- ROSCOPIC ROCKING CALMER FOR A PASSENGER SHIP

Samonov Ilya

Student

Zhiboyedov Vyacheslav

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Federal State Educational Institution

of Higher Education "Sevastopol State University"

Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрено применение гироскопического успокоителя для устранения бортовой качки и соответственно крена, что позволит применять судно в более жестких условиях при этом сохраняя комфорт и безопасность пассажиров, находящихся на судне. Представлена экспериментальная установка для определения параметров гироскопического успокоителя качки на волнении.

Ключевые слова: гироскоп, установка, успокоитель, бортовая качка.

ABSTRACT. The article considers the use of a gyroscopic sedative to eliminate on-board pitching and, accordingly, roll, which will allow the vessel to be used in more severe conditions while maintaining the comfort and safety of passengers on board. An experimental setup for determining the parameters of a gyroscopic rocking calmer is presented.

Keywords: gyroscope, installation, sedative, on-board pitching.

Введение

К пассажирским морским перевозкам предъявляется не мало требований, некоторыми требованиями является обеспечение и повышение безопасности и

комфорта особенно для людей, имеющих заболевания вызываемые качкой судна, а также повышение психологической безопасности пассажиров.

Гироскопические успокоители качки (далее – гироскоп) обладают меньшими габаритами и защищены от внешних повреждений в отличие от гравитационных и гидродинамических соответственно. Применение гироскопа на относительно малых судах может оказаться экономически целесообразными как с точки зрения установки, так и обслуживания и эксплуатации. Например, установка гравитационных успокоителей занимает много полезного пространства следовательно их следует применять на судах больших размеров, а гидродинамические успокоители в следствии их особенностей следует использовать на длительных переходах.

Объект исследования является активный гироскопический успокоитель качки. Предмет исследования является гироскопический успокоитель для уменьшения бортовой качки судна.

Целью исследования является определение параметров гироскопического успокоителя качки на натурной модели пассажирского судна. Определить эффективность работы данного успокоителя при воздействии бортовой качки на модель.

Определение параметров гироскопического успокоителя качки для пассажирского судна

Характеристики пассажирского судна:	Характеристики натурной модели пассажирского судна:
– $L = 40$ м	– $L = 1000$ мм
– $B = 7$ м	– $B = 175$ мм
– $D = 3$ м	– $D = 75$ мм
– $d = 1,5$ м	– $d = 37,5$ мм
– $C_b = 0,55$	– $C_b = 0,55$
– $\Delta = 231$ т	– $\Delta = 3,61$ кг

Успокоители качки бывают активными и пассивными, а также подразделяются на типы: гравитационные, гидродинамические и гироскопические.

Параметры, которые будут определены в результате эксперимента:

- амплитуда колебаний гироскопа;
- период колебаний гироскопа;
- частота вращения ротора;
- геометрические характеристики;
- массовые характеристики;
- эффективность успокоителя.

Успокоение качки при воздействии стихии является одним из главных вопросов для обеспечения мореходности судна, корабля. Впервые, где были попытки устранить качку, было судно «SS Bessemer», в котором для устранения качки находился салон, вращающийся вокруг оси параллельной диаметральной и основной плоскости. Качку устранили локально, а не повсеместно поэтому корпус и все что находилось за салоном испытывало воздействие стихии, вскоре судно потеряло интерес и от такого способа отказались.

Затем стали применять устройства, воздействовавшие на все судно, корабль повсеместно и получившие множество вариантов исполнений. Логично предположить, что первыми такими успокоителями стали пассивные скуловые кили ввиду их простоты конструкции и отсутствия какого-либо привода.

Гироскоп – представляет собой симметричный массивный плоский маховик, имеющий высокую частоту вращения вокруг оси симметрии, закрепленный в качающейся раме, изолированной кожухом от механических повреждений, а также для обеспечения безопасности обслуживающего персонала, цапфы которой опираются на фундамент жестко связанного с днищевыми корпусными конструкциями. В случае активного гироскопа в композицию конструкции будет включен привод наклона ротора и вычислительное устройство угла наклона.

Для выполнения эксперимента была разработана установка задачи амплитуды колебаний и частоты вращения гироскопа. Имеет две части модельную и береговую, модельная часть расположена на испытываемой модели, береговая часть расположена на твердой поверхности, например стол. Обе части соединены шлангами и кабелем.

Модельная часть установки состоит из гироскопа (рис. 1) поз. 1 и его рамы, мультипликатора поз. 2, гидротурбины поз. 3, прерывателя тахометра, рычага и 1-го гидроцилиндра 1-й пары поз. 4, 2-й гидроцилиндр расположен на береговой части (рис. 2) поз. 1.

Береговая часть состоит из 2-й пары гидроцилиндров (рис. 2) поз. 3 и 4, регулировочных винтов, пружин, регулирующего маховика поз. 2, электродвигателя, регулятора оборотов, вольтметра, аккумулятора (рис. 3) поз. 2, катушки зажигания поз. 1, тахометр, насоса, манометра, крана, заборного шланга и крана смены движения потока.

Гидроцилиндры имеют двухкамерное исполнение для предотвращения заклинивания вследствие касания поршня о внутреннюю поверхность. Первая пара цилиндров является постоянно действующей так как отвечает за создание колебаний рамы и гироскопа в которой он вращается, один из цилиндров этой пары расположен на испытываемой модели. Вторая пара в отличие от первой работает периодически, отвечает за изменение амплитуды колебаний.

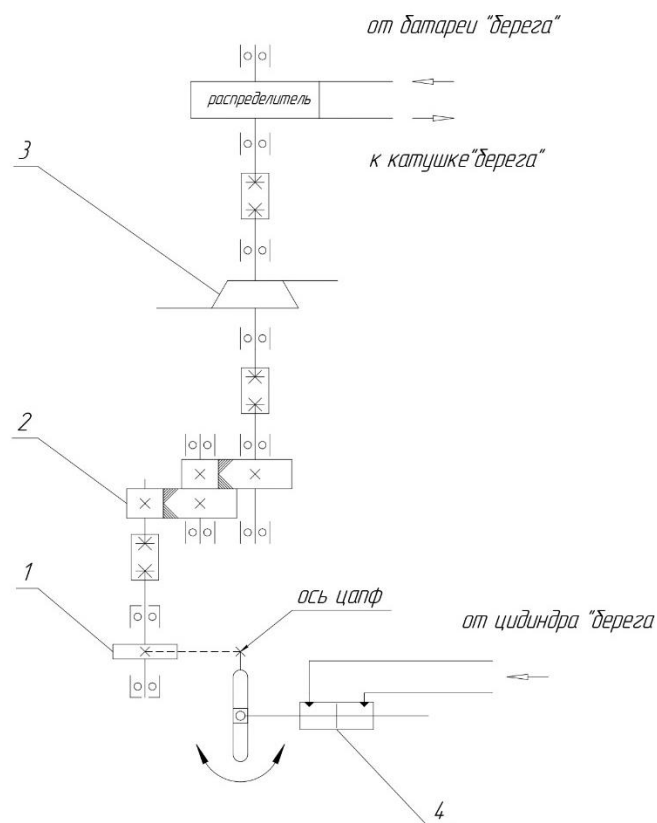


Рисунок 1 – Кинематическая схема модельной части установки

Далее будут рассмотрены все составляющие частей установок описана их работа и взаимодействие, начиная с модельной и заканчивая береговой частями.

Модельная часть как было сказано выше состоит из: рамы гироскопа, рама имеет цапфы для качания, опирающиеся на направляющие салазки, салазки обеспечивают продольное перемещения по полозьям и жесткую фиксацию с моделью.

В раме находятся радиально-упорные подшипники, в которых установлен вал, имеющий квадратное поперечное сечение, на вал в свою очередь посажен ротор, то есть сам маховик, он тоже имеет отверстие с квадратным сечением.

Маховик является сменным что позволяет применять различные сечения для достижения оптимальных параметров.

На верхнем конце вала ротора расположен многоступенчатый мультипликатор корпус его монтируется на раму гироскопа. Шестерни мультипликатора являются шевронными для обеспечения плавности хода.

Вал ведущей шестерни мультипликатора соединен через муфту с валом крыльчатки гидротурбины, корпус (имеет входной и выходной патрубки) ее общий с корпусом мультипликатором.

Выше над крыльчаткой уже в отдельном корпусе расположен прерыватель тахометра его конструкция такова, два контакта вращаются на валу (сообщенным через муфту с валом крыльчатки). Первый контакт постоянно под

напряжением запитанный береговой частью установки, и предаёт ток на второй контакт, при вращении второй контакт проходит контактный сектор, на который передает ток на катушку зажигания, работа данного прерывателя аналогична с работой автомобильного трамблера.

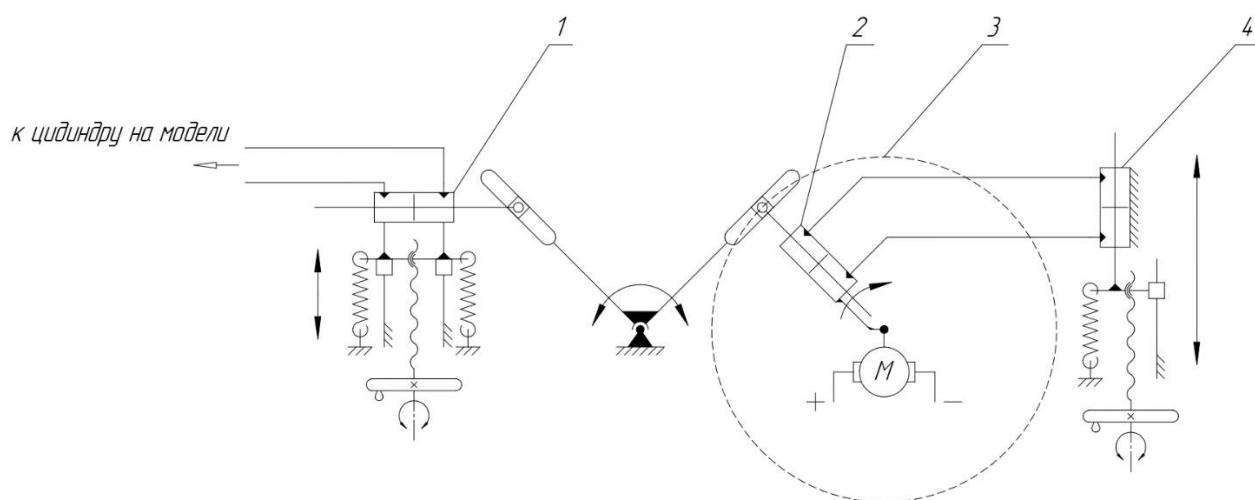


Рисунок 2 – Кинематическая схема верхней части береговой части установки

Также рама имеет привод – рычаг, на который воздействует толкатель гидроцилиндра (также можно использовать зубчатый сектор и рейку для создания подобного движения).

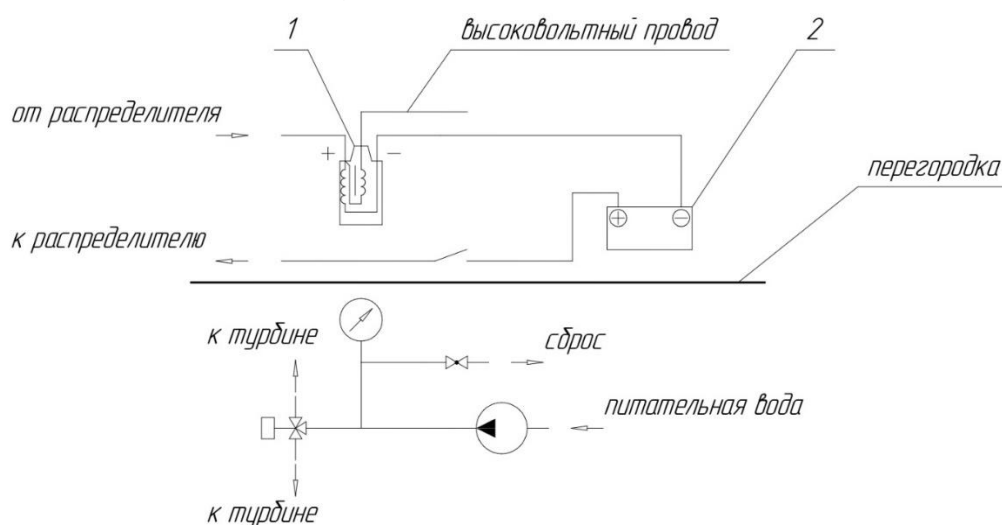


Рисунок 3 – Схема нижней части береговой части установки

С модельной частью закончили и переходим к береговой части.

Береговая часть представляет собой корпус, в котором собраны следующие элементы:

Регулировочный винт обеспечивает перемещение 2-го гидроцилиндра 1-й пары для изменения амплитуды колебаний. Цилиндр имеет гайку для перемещения по винтам и жестко с ней связан, гайка, накрученная на винт как привило имеет зазор, для устранения этого зазора применены пружины растяжения, которые прижимают гайку плотно к винту.

Вторая пара гидроцилиндров как было сказано установлена в береговой части внутри корпуса. 1-й гидроцилиндр приходит в движение за счет ходового винта, 2-й гидроцилиндр расположен на регулирующем маховике, шток цилиндра перемещается продольно относительно радиуса маховика.

Регулирующий маховик представляет собой диск, под которым расположен цилиндр, вся эта конструкция соединена через муфту с электродвигателем, и имеет вращение от последнего.

Электродвигатель приводится в движение при помощи регулятора оборотов, также к электродвигателю подключен вольтметр. Регулируя частоту вращения электродвигателя, можно добиться оптимального периода колебаний.

Для снятия данных частоты вращения гироскопа используется цифровой тахометр, кабель которого обматывается вокруг высоковольтного провода катушки. Катушка запитывается от относительно небольшого аккумулятора через прерыватель, о котором сказано выше, работа катушки не постоянна так как в таком случае устройство вышло бы из строя.

Стоит заметить, что тахометр будет давать обороты с крыльчатки, а не с самого ротора гироскопа, это сделано по той причине, что на испытательном стенде произошел случай выхода катушки из строя из-за высокой частоты включения, следовательно, было принято решение изменить место съема данных.

Чтобы привести гироскоп в действие нужно подать среду в гидротурбину (в нашем случае средой является вода). Применяется вихревой насос, от которого следует трубопровод к патрубку шланга, ведущего на модельную часть, но перед патрубком расположено ответвление к манометру, с помощью него осуществляется контроль максимально допустимого давления, от манометра также располагается ответвление с краном, который будет активирован в случае избыточного давления для сброса среды и выключения насоса, этот кран еще может использоваться для изменения частоты вращения гироскопа. Насос запитывается от сети.

Немаловажным элементом является кран смены движения потока. Он необходим для того, чтобы изменить направление вращения ротора гироскопа. Данное действие нужно проводить после полной остановки ротора.

За съем данных отвечает электронный датчик, грубо говоря «кренометр», и программное обеспечение (далее – ПО) на компьютере.

Для наглядности и лучшего понимания были построены схемы и 3-D модели, которые приведены на рис. 4 и 5.

Методика исследования

Эксперимент проводится в опытовом бассейне с волнопродуктором, модель судна, исходя из самого худшего случая, устанавливается перпендикулярно движению волны, снимаются данные угла крена на тихой воде, раскручивается ротор гироскопа. Волнопродуктор задает максимально допустимую волну для модели судна, снимаются данные угла крена на волнении, оператор задает на береговой части установки амплитуду, период и частоту вращения ротора. Подобные манипуляции проводятся до тех пор, пока угол крена не станет максимально возможно близок к нулю

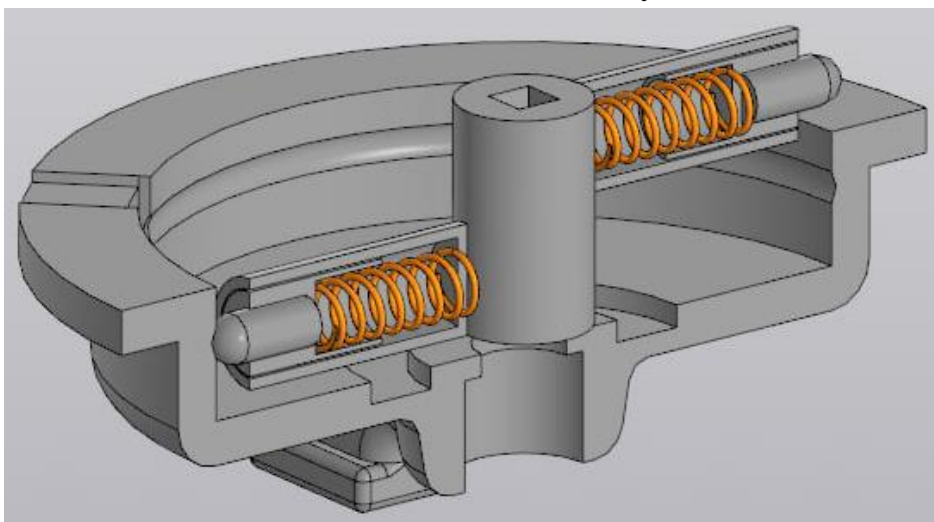


Рисунок 4 – 3-D модель распределителя (верхняя крышка не показана, практически полностью аналогична нижней)

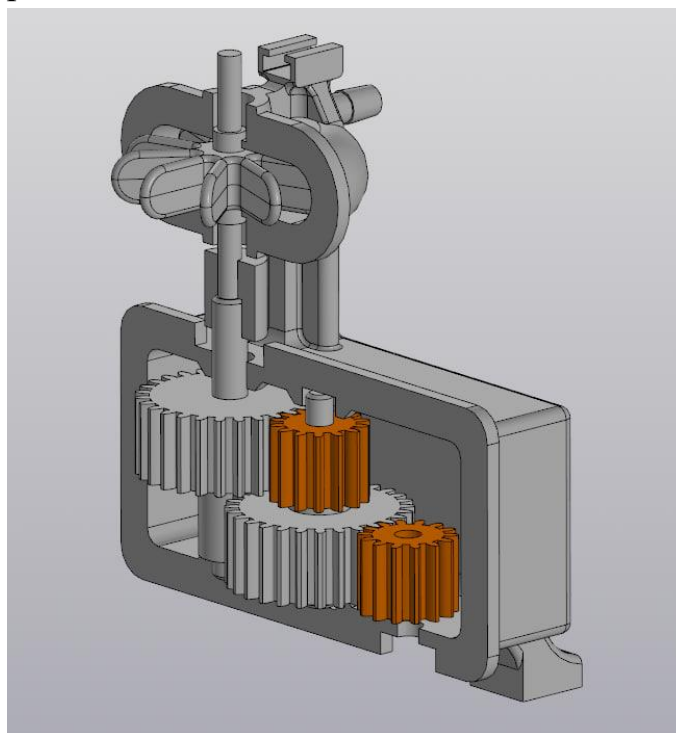


Рисунок 5 – 3-D модель мультипликатора и турбины

Результаты исследования

Проанализированы типы успокоителей качки и выбран наиболее оптимальный для заданного судна. Разработана и получена установка для определения параметров гироскопического успокоителя качки для пассажирского судна. Описан принцип работы установки и методика проведения эксперимента. Начерчена схема установки и построены 3-D модели некоторых элементов.

Выводы

На современных судах в том числе и на пассажирских применяются пассивные успокоители качки в некоторой мере они справляются со своей задачей, но при более значительном воздействии стихии их действие становится не достаточным. Применение же активного успокоителя качки позволяет расширить возможности эксплуатации судна и комфорт пассажиров.

При помощи экспериментальной установки в дальнейшем будет проведён эксперимент, на основании результатов которого можно сказать какие параметры имеет гироскоп для заданного судна. Также применить данную установку можно и на остальные типы судов

Библиографический список

1. Успокоители качки судов / А. Н. Шмырев [и др.]. – 2-у изд., перераб. и допол. – Л.: Судостроение, 1972. – 480 с.
2. Семенов-Тян-Шанский, В. В. Качка корабля / В. В. Семенов-Тян-Шанский, С. Н. Благовещенский, А. Н. Холодилин. – Л.: Судостроение, 1969. – 392 с.
3. Крылов, А. Н. Общая теория гироскопов и некоторых их технических применений / А. Н. Крылов, Ю. А. Крутков. – Ц.: Издательство Академии наук СССР, 1932. – 394 с.
4. Яворский, Б. М. Справочник по физике / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. – М.: Наука, 1977. – 944 с.

ЭЛЕКТРОННЫЕ МАГНИТНЫЕ КОМПАСЫ

Сергеев Кирилл Максимович

Студент

E-mail: ksergeev93564@gmail.com

*Научный руководитель,
заведующий кафедрой судовождения:*

Боков Г.В.

*Высшее учебное заведение, Морской институт им. вице-адмирала В.А.
Корнилова - филиал ФГБОУ ВО "ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова",
299001, г. Севастополь, корпус 8/22, ул. Героев Севастополя, 7*

ELECTRONIC MAGNETIC COMPASSES

Sergeev Kirill

Student

Scientific supervisor,

Head of the Department of Navigation:

Bokov G.V.

*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"
building 8/22, st. Heroes of Sevastopol, 7, Sevastopol, 299001*

АННОТАЦИЯ. Электронные магнитные компасы представляют собой устройства, которые используют принципы магнитной индукции и сенсорной технологии для определения направления на магнитный север. В отличие от традиционных магнитных компасов, эти устройства обеспечивают повышенную точность и устойчивость к внешним помехам. Электронные компасы находят широкое применение в различных областях, таких как навигация, геологоразведка, морское дело и авиастроение. Они также могут интегрироваться с GPS-навигацией и другими системами, что делает их незаменимыми в современных условиях. Рассмотрим общую информацию магнитных компасов, его характеристики и его составляющие.

Ключевые слова: ЭМК; магнетометры.

ABSTRACT. Electronic magnetic compasses are devices that utilize the principles of magnetic induction and sensor technology to determine direction towards magnetic north. Unlike traditional magnetic compasses, these devices provide enhanced accuracy and resistance to external interferences. Electronic compasses are widely used in various fields, such as navigation, geophysical exploration, maritime activities, and aeronautics. They can also be integrated with GPS navigation and other systems, making them indispensable in modern conditions. Let's consider the general information of magnetic compasses, its characteristics and its components.

Keywords: EMC; magnetometer.

Введение

В современном мире точное определение направления стало одним из важнейших аспектов для успешной навигации в различных областях – от мореплавания до авиации, а также в геологоразведке и военных операциях. Тем не менее, несмотря на множество доступных средств навигации, традиционные магнитные компасы, основанные на принципах взаимодействия между магнитным полем Земли и магнитной стрелкой, остаются актуальными, но не всегда точными в условиях сложных магнитных полей или электронных помех. В этой связи возникает необходимость разработки более современных и эффективных приборов – электронных магнитных компасов, которые обладают рядом преимуществ, включая повышенную точность и устойчивость к внешним воздействиям.

Электронные магнитные компасы представляют собой устройства, использующие комплексные методы определения направления, такие как магнетометры и микросхемы, которые способны измерять магнитное поле Земли с высокой степенью точности. Магнетометры, используемые в составе электронного компаса, обладают способностью регистрировать изменения магнитного поля и помогают системе компенсировать различные помехи, возникающие в результате окружающих условий. Это становится особенно важным в условиях, где традиционные компасы подвержены значительным искажениям.

Актуальность исследования электронных магнитных компасов обусловлена растущей необходимостью в точной навигации как в повседневной жизни, так и в специализированных областях. В условиях постоянного технологического прогресса задача создания и совершенствования электронных навигационных систем требует исследования их рабочей эффективности, а также решения практических задач, связанных с интеграцией данных систем в действующую инфраструктуру. Таким образом, данное исследование направлено на выявление ключевых аспектов функционирования электронных магнитных компасов, их преимуществ и достоинств по сравнению с традиционными аналогами, а также на изучение их характеристик и перспектив применения в различных областях науки и практики.

Общие сведения о магнитных компасах

В традиционных морских магнитных компасах для получения значений курса используется свойство магнитной стрелки располагаться вдоль силовых линий магнитного поля. Эти компасы просты по конструкции, надежны, обладают довольно высокой точностью и не требуют для работы никакого вида питания. На судах используются картушечные магнитные курсоуказатели

многих изготовителей навигационной аппаратуры. В качестве примеров промышленных образцов можно назвать компасы КМ-145, КМ-100, КМ-69, КМС-160, КМС-200 (Россия), магнитный компас "Jupiter" фирмы "C.Plath" (Германия) и ряд других.

Одними из недостатков традиционных магнитных компасов являются: наличие на качке знакопеременной погрешности, вызванной действием ускорений на картушку, и непригодность к передаче показаний на авторулевую, автопрокладчик и другим потребителям информации о курсе. Эти недостатки устранены в электронных магнитных компасах (ЭМК). В них определение курса основано на измерении составляющих вектора напряженности магнитного поля Земли. Если на судне с достаточной точностью получить продольную H_x и поперечную H_y (относительно ДП судна) компоненты напряженности геомагнитного поля, то по их значениям можно найти магнитный курс судна: $МК = \arctan \frac{H_y}{H_x}$. С приближением к магнитным полюсам уменьшается горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля и увеличивается магнитное склонение, что делает показания магнитного компаса менее точными и надежными. В районах магнитных полюсов из-за вертикального направления магнитных силовых линий ($H_x=0$, $H_y=0$) курс определить невозможно.

Магнетометры

Магнетометры – это приборы, измеряющие напряженность магнитного поля, называются магнетометрами. Напряженность магнитного поля Земли очень мала. Поэтому для получения значений курса требуются высокочувствительные датчики магнитной напряженности. К ним относятся:

- флюксгейт (FG) магнетометры;
- магниторезисторные (MR) датчики;
- магнитоэластиковые приборы;
- датчики, основанные на эффекте Холла.

Наибольшее применение в электронных магнитных компасах нашли флюксгейт-датчики и MR-магнетометры. Электронный магнитный компас включает либо два магнетометра, измеряющих продольную и поперечную (по отношению к корпусу) судна составляющие напряженности геомагнитного поля в горизонтальной плоскости, или совокупность трех магнетометров, дающих значения двух горизонтальных и дополнительно вертикальной компонент напряженности магнитного поля. Флюксгейт магнетометры являются чувствительными элементами большинства морских ЭМК, получивших название флюксгейт-компасов.

Классический однокоординатный FG-датчик измеряет X-составляющую магнитного поля и состоит из тороида и намотанной поверх него внешней (сигнальной) катушки. Тороид представляет собой кольцевую катушку, намотанную на сердечник с формой тора. Внутренняя обмотка FG-датчика является обмоткой управления (возбуждения). Сердечник тороида изготавливается из легконамагничиваемого материала (ферромагнетика), чаще всего из пермаллоя. Пермаллой представляет собой сплав железа (19%) и никеля (81%).

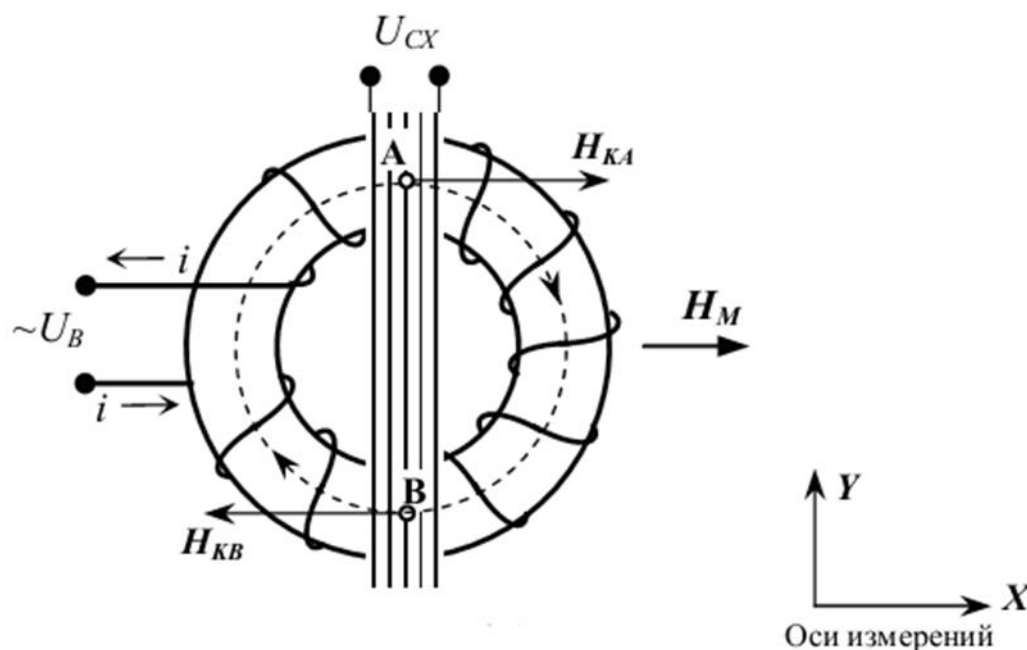


Рисунок 1 – Схема пояса Роговского

Принцип работы магнетометра состоит в следующем. Чувствительный элемент FG-магнетометра является разновидностью феррозонда. На его обмотку возбуждения подается переменное напряжение $\sim U_B$. Амплитуда U_B такова, что в середине каждого полупериода изменения тока возникает магнитное насыщение сердечника. Интервал времени, в течение которого при изменении тока возбуждения сердечник изменяет намагниченность, обозначен как участок I, а промежуток насыщенного состояния сердечника - как участок II. В момент насыщения сердечника его магнитная проницаемость μ резко уменьшается. На участках II ее можно считать равной нулю. В промежутках I (размагничивания и намагничивания) она возрастает от нуля до некоторого значения μ_0 и снова уменьшается до нуля.

В общем случае напряжение в сигнальной катушке, согласно закону электромагнитной индукции, равно: $U_c = -\frac{d\Phi_c}{dt}$ где Φ_c – поток магнитной индукции, проходящий через контур сигнальной катушки. Величина магнитного потока может быть представлена в виде: $\Phi_c = k\mu H_M$, где k – постоянный

коэффициент, зависящий от конструктивных параметров магнетометра (диаметра сердечника, числа витков и т.д.); H_M – перпендикулярная плоскости витков сигнальной обмотки составляющая напряженности магнитного поля. Сигнальное напряжение можно представить формулой: $U_c = -\frac{d\Phi_c}{dt} = -L = -kH_M \frac{d\mu}{dt}$. При прохождении переменного тока i через обмотку возбуждения в сердечнике возникает магнитный поток Φ , значения Φ_A , Φ_B которого в точках А и В сердечника равны и противоположно направлены. Таким образом, когда внешнее магнитное поле отсутствует, суммарный магнитный поток, проходящий через сигнальную обмотку, равен нулю, и напряжения в ней нет. Символами $H_{ка}$, $H_{кв}$ обозначены векторы напряженности возбуждаемого в сердечнике магнитного поля в точках А и В. Когда перпендикулярно плоскости сигнальной обмотки действует постоянная составляющая H_M внешнего магнитного поля, то в 1-й полупериод изменения тока i она сложится с $H_{ка}$ и вычтется из $H_{кв}$. Во второй полупериод тока направления векторов $H_{ка}$, $H_{кв}$ поменяются на обратные, а направление H_M останется тем же. В результате суммарный магнитный поток, проходящий через сигнальную обмотку, не будет нулевым. Полезный сигнал U_c имеет вид переменного, несколько искаженного напряжения, частота которого в два раза больше частоты $\sim U_6$. Амплитуда сигнального напряжения U_c пропорциональна напряженности внешнего магнитного поля H_M . MR-магнетометры основаны на магниторезисторном эффекте. В них используется свойство ферромагнитных материалов (чаще всего пермаллоя) изменять свое электрическое сопротивление R под действием магнитного поля. Изменение сопротивления пластины из пермаллоя определяется составляющей напряженности магнитного поля $H_{\perp}$, ортогональной к линии тока i . Изменение сопротивления происходит при вариации $H_{\perp}$ в пределах от $-H_0$ до $+H_0$, где H_0 – значение напряженности магнитного поля, при котором наступает состояние насыщения намагниченности пермаллоя. Значение H_0 зависит от температуры.

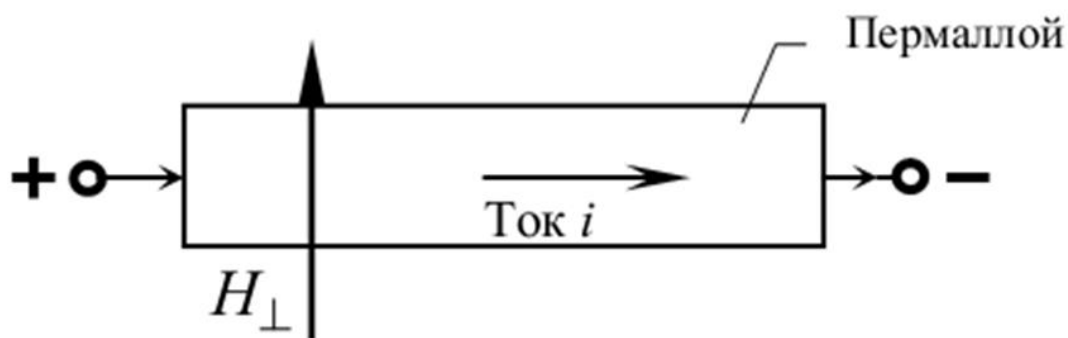


Рисунок 2 – Элемент MR-датчика в виде пластины из пермаллоя

Максимальное ΔR_m изменение сопротивления проводника под влиянием магнитного поля зависит от геометрии проводника и его материала. Для пластины из пермаллоя оно составляет от 2 до 3% от R_0 . Здесь H_0 - сопротивление проводника при $|H_{\perp}| = H_0$. Уравнение, описывающее зависимость сопротивления проводника от значения напряженности магнитного поля, имеет следующий вид:

$$R = R_0 + \Delta R_m \left[1 - \left(\frac{H_{\perp}}{H_0} \right)^2 \right]$$

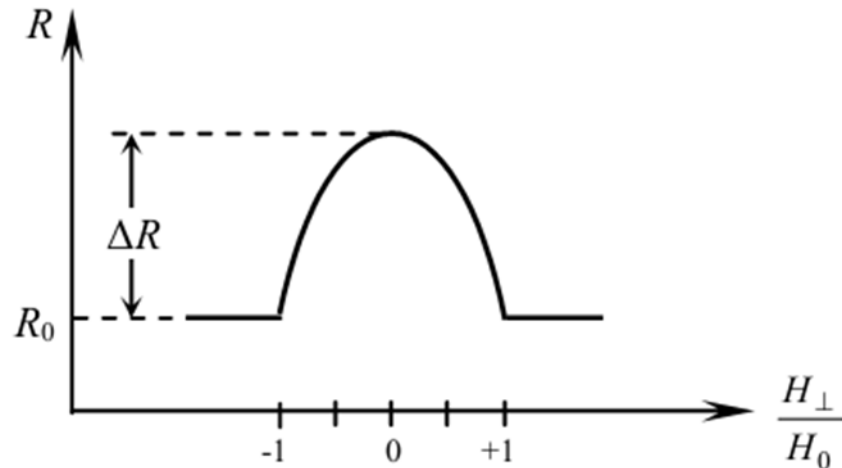


Рисунок 3 – R-H характеристика пластины из пермаллоя

Для оптимизации характеристик MR-датчика его элементы изготавливаются в виде пластины, состоящей из чередующихся полос из пермаллоя и алюминия, расположенных под углом 45° к линии тока. Такие элементы называют зубчатополюсными.

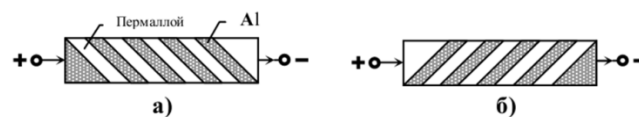


Рисунок 4 – Зубчатополюсные элементы MR-датчика.

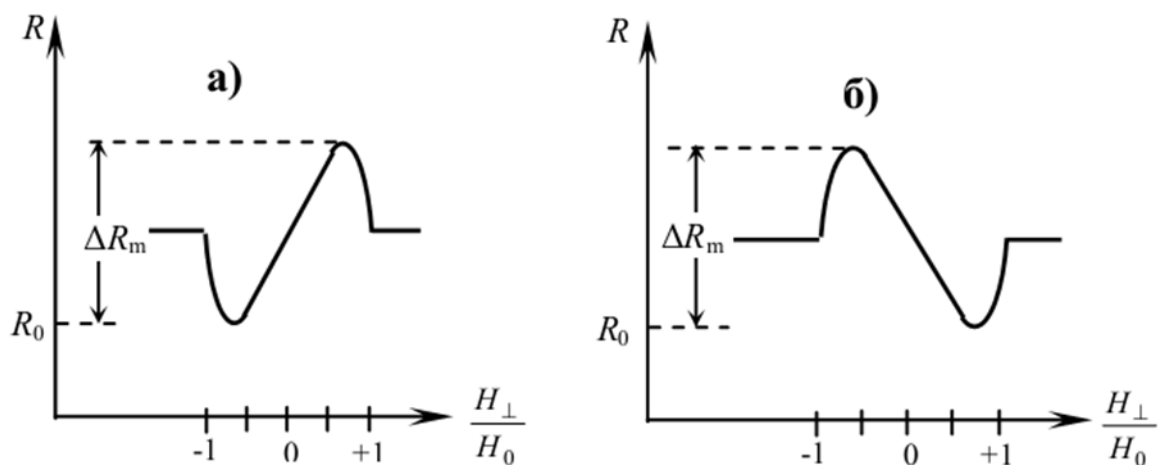


Рисунок 5 – R-H характеристики зубчатополюсных элементов

Состав электронного магнитного компаса

Компасы с системой трех ортогональных магнетометров не имеют движущихся частей. Их элементы не меняют своего положения относительно корпуса судна. При установке на судне компасы ориентируют так, чтобы направления измерений магнетометров совпадали с осями прямоугольной системы координат OLBG, жестко связанной с корпусом судна.

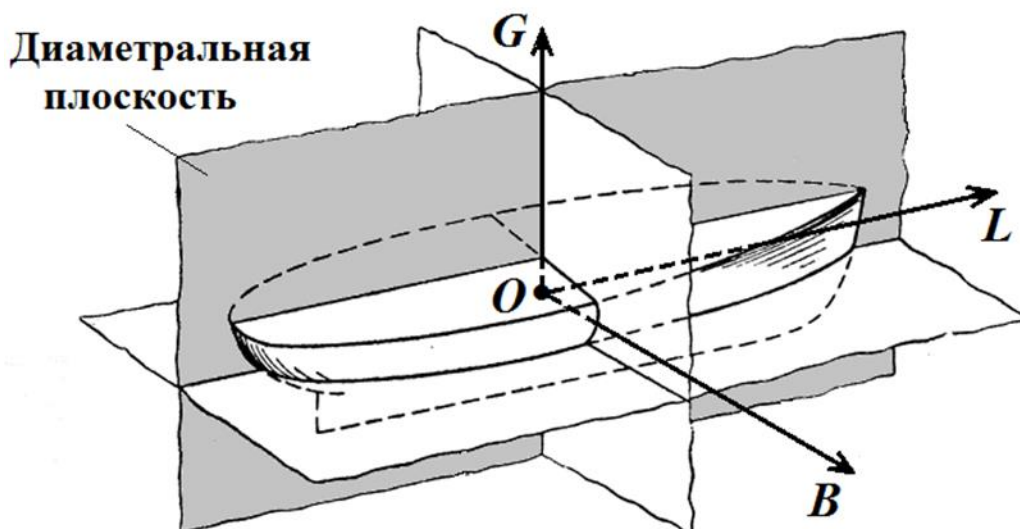


Рисунок 6 – Теоретический чертёж

Начало системы OLBG находится в центре массы судна. Ось OL лежит в ДП и направлена параллельно линии киля в сторону носа судна. Ось OG также находится в ДП судна и ортогональна к OL. Ось OB перпендикулярна ДП и направлена в сторону правого борта. Когда судно не имеет крена и дифферента, координатные системы OLBG и OXYZ совпадают.

Когда судно не имеет крена и дифферента, координатные системы OLBG и OXYZ совпадают.

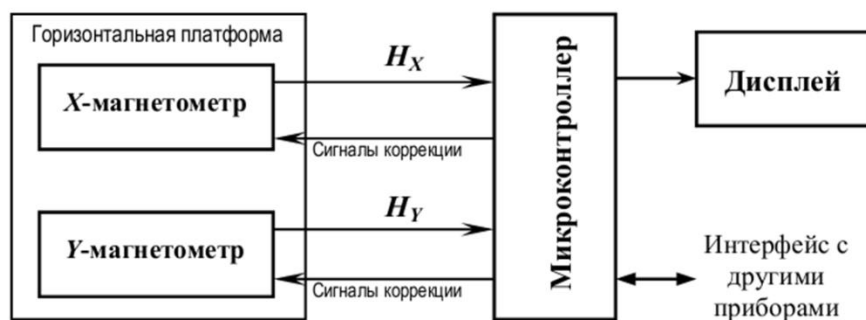


Рисунок 7 – Блок-схема электронного компаса с двумя магнетометрами

Для обеспечения горизонтального положения она устанавливается на кардановом подвесе и помещается в камеру, заполненную легким маслом. Масло служит для демпфирования колебаний платформы на качке. Задачи обработки сигналов датчиков и коррекции их работы включают учет различных факторов с

целью получения точного значения истинного курса. Эти функции могут реализовываться программно или конструктивно. Обычно используется первый путь. В этом случае сигналы датчиков преобразуются в цифровую форму и обрабатываются в микроконтроллере. Дополнительно к выполняемым расчетам микроконтроллер вырабатывает сигналы, обеспечивающие эффективную работу датчиков (устранение дрейфа нуля и подавление ряда возмущений). При обработке данных компенсируется влияние температуры на результаты измерений, учитываются магнитное склонение и девиация.

Компасы с системой трех магнетометров не имеют движущихся частей. Дополнительно к магнетометрам они включают датчик килевой и бортовой качки (двухкоординатный инклинометр).

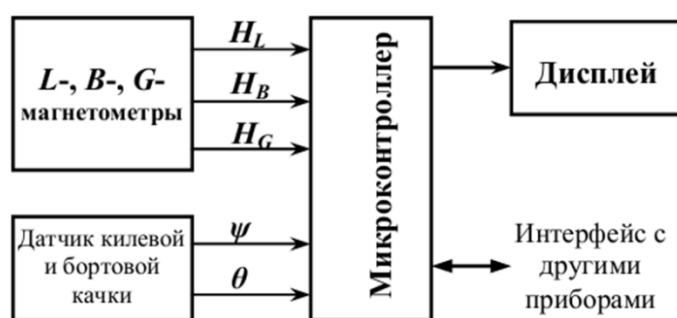


Рисунок 8 – Блок-схема электронного компаса с тремя магнетометрами

Задачи обработки сигналов датчиков и коррекции их работы включают учет различных факторов с целью получения точного значения истинного курса.

Эти функции могут реализовываться программно или конструктивно. Обычно используется первый путь. В этом случае сигналы датчиков преобразуются в цифровую форму и обрабатываются в микроконтроллере. Дополнительно к выполняемым расчетам микроконтроллер вырабатывает сигналы, обеспечивающие эффективную работу датчиков (устранение дрейфа нуля и подавление ряда возмущений). При обработке данных компенсируется влияние температуры на результаты измерений, учитываются магнитное склонение и девиация.

Компасы с системой трех магнетометров не имеют движущихся частей. Дополнительно к магнетометрам они включают датчик килевой и бортовой качки (двухкоординатный инклинометр). Магнетометры измеряют составляющие напряженности геомагнитного поля в системе координат OLBG, жестко связанной с судном. Значения горизонтальных составляющих H_x , H_y рассчитывается аналитически по данным магнетометров и инклинометра. В инклинометрах могут использоваться разные принципы для получения углов килевой и бортовой качки. В частности, они могут включать в себя систему из

двух или трех акселерометров, измеряющих ускорения по взаимно ортогональным осям.

Характеристики электронных МК

Морские электронные магнитные компасы изготавливаются и поставляются рядом фирм и организаций. В качестве примеров таких курсоуказателей можно назвать: «Аврал» ЦНИИ Электроприбор (г. Санкт-Петербург), «Горизонт» приборостроительного завода Элара (г. Чебоксары), «Azimuth 1000» фирмы KVH Industries, «AQCD-FX360» компании Aquamatic, «PG-100» корпорации Furuno. ЭМК разных производителей имеют определенные отличия.



Рисунок 9 – KVH Azimuth 1000 Digital Compass и «PG-100» корпорации Furuno

Этот компас в одном компактном водозащитном модуле содержит цифровые флюкстейт датчики и LCD-дисплей. «Azimuth 1000» имеет цифровой выход значений курса, соответствующий протоколу МЭК 61162, что позволяет использовать его информацию в авторулевом и в других судовых системах. Вес компаса составляет 340 г. Все ЭМК имеют небольшие габариты, массу и потребляют мало энергии. Они обеспечивают устойчивые показания курса с точностью $0,5-2,0^\circ$ и разрешение $0,1^\circ$. Вес основного блока обычного электронного магнитного компаса лежит в пределах 200-400 грамм. Микроэлектронные компасы весят во много раз меньше. Микроэлектронные компасы могут встраиваться в бинокли и подзорные трубы, что позволяет при наблюдении производить пеленгование объектов. На судне главный МК устанавливают там, где напряженность судового магнитного поля мала. Преимуществом ЭМК перед традиционными магнитными компасами является возможность размещения чувствительного элемента на удалении от устройства отображения курса. Это создает больше возможностей для выбора на судне места, наиболее подходящего для точной работы чувствительного элемента. Другое достоинство ЭМК - цифровая форма сигналов. Она позволяет математически выполнять компенсацию погрешностей. В большинстве ЭМК расчет девиации с последующим ее учетом выполняются автоматически. Для

нахождения таблицы девиации достаточно перейти в предусмотренный в ЭМК для этой цели режим и выполнить циркуляцию (поворот на 360°).

Источники погрешностей

Основными источниками погрешностей электронных магнитных компасов являются:

- - наклон платформы в приборах с двухкоординатными датчиками или погрешности измерения углов бортовой и килевой качки в компасах с системой трех магнетометров;
- дрейф нуля магнетометров;
- неортогональность измерительных осей магнетометров;
- погрешности учета влияния судового железа;
- погрешности коррекции магнитного склонения.

Библиографический список

1. Алексишин В.Г., Козырь Л.А., Короткий Т.Р. Международные и национальные стандарты безопасности мореплавания. – Одесса: Латстар, – 2022. – 257 с.
2. Вагущенко Л.Л., Данцевич В.А., Кошевой А.А. Электронные системы отображения навигационных карт. – Одесса: ОГМА, – 2020. – 120 с.
3. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы. – Одесса: Латстар, – 2024. – 302 с.
4. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика. – Одесса: Латстар, – 2019. – 170 с.
5. Фадюшин С.Г. Компьютерные технологии в судовождении. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, – 2014. – 83 с.
6. Лукомский Ю.А., Пешехонов В.Г., Скороходов Д.А. Навигация и управление движением судов. – Санкт-Петербург, «Элмор», – 2022. – 360 с.

КАТОДНАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНОМ УРОВНЕ ПОГРУЖЕНИЯ В МОРСКУЮ ВОДУ

Сидорова Анна Андреевна

аспирант

E-mail: annasidorova2206.andreevna@yandex.ru

Симененко София Андреевна

аспирант

E-mail: SA_Simenenko@sevsu.ru

Родькина Анна Владимировна

кандидат технических наук, доцент

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

Иванова Ольга Александровна

кандидат технических наук, доцент

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

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

CATHODIC POLARIZATION OF SHIP STRUCTURES AT DIFFERENT LEVELS OF IMMERSION IN SEAWATER

Sidorova Anna Andreevna

PhD student

Simenenko Sofiya Andreevna

PhD student

Rodkina Anna Vladimirovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ivanova Olga Alexandrovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Federal State Educational Institution

of Higher Education "Sevastopol State University"

Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. Работа посвящена разработке методики исследования потенциала судостроительных сталей при катодной поляризации после моделирования поверхности стали в районе подводной части и переменной ватерлинии в морской воде на основе результатов исследования, которые подчеркивают необходимость контроля состояния морских буровых установок, подверженных коррозии и механическому износу.

Данная работа направлена на решение экономических и социальных проблем, поскольку коррозия приводит не только к разрушению поверхностного слоя металла, но и к снижению общей прочности конструкции. Это влечет за собой необходимость материальных затрат на ремонт или восстановление конструкции. В результате возникают социальные проблемы, связанные с обеспечением безопасности жизни людей в морских условиях.

Результаты выполненного исследования могут быть использованы в различных международных и национальных проектах освоения минеральных и энергетических ресурсов экономической зоны России.

Ключевые слова: судовые конструкции, коррозионно-механические разрушения, защита от коррозии, толщина металла, защитный потенциал, район переменной ватерлинии, морская вода, катодная поляризация.

ABSTRACT. The work is devoted to the development of a methodology to investigate the potential of shipbuilding steels at cathodic polarization after modeling of steel surface in the area of submerged part and variable waterline in seawater based on the research results, which emphasize the necessity of controlling the condition of offshore drilling rigs subjected to corrosion and mechanical wear.

This work is aimed at solving economic and social problems, since corrosion leads not only to the destruction of the surface layer of metal, but also to a decrease in the overall strength of the structure. This entails the need for material costs to repair or restore the structure. As a result, there are social problems associated with ensuring the safety of human life in marine conditions. The results of the performed research can be used in various international and national projects for the development of mineral and energy resources of the economic zone of Russia.

Keywords: ship structures, corrosion-mechanical damage, corrosion protection, metal thickness, protective potential, variable waterline area, sea water, cathodic polarization.

Введение

Исследования потенциала судостроительных сталей при катодной поляризации после моделирования поверхности стали в районе подводной части и переменной ватерлинии в морской воде является актуальной темой, согласно положениям Государственной программы Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы» [1]. Вопросы прочности сталей в коррозионной среде исследовались Семеновым И.В., Флорианович Г.М., Хорошиловым А.В. [2]. Работы, посвященные методам защиты от коррозионных разрушений, выполнены Кузьминым Ю.Л., Троценко В.Н., Медяник Т.Е., Тарандо Г.В. [3], Kim J.-H., Mainier F.B., Xing S.H. и др. [4, 5, 6].

Важнейшая задача работы заключается в разработке методов для продления срока службы морских судов и сооружений, что позволяет увеличить продолжительность их использования, сократить время простоя из-за замены лакокрасочного покрытия и уменьшить негативное влияние на окружающую среду в морской экономической зоне России. В работе применялись экспериментальные и теоретические подходы. Научный эксперимент проводился на базе комплекса для изучения электрохимических характеристик

корпусных конструкций судов и плавучих технических объектов (патент на изобретение № 2 695 961) [7].

Ранее проводились экспериментальные исследования, направленные на определение возможности использования влагонепроводимого материала, в качестве среды позволяющей проводить электрохимическую защиту от коррозии в районе переменной ватерлинии [8].

В рамках комплекса экспериментов были проведены исследования образцов судостроительных сталей 09Г2, 12Х18Н10Т и 20Х13 в различных условиях, а именно рассматривалось поведение чистого образца и образцов с разными условиями моделирования поверхности стали при взаимодействии с морской водой.

С помощью потенциостата проводилась катодная поляризация рабочего образца. Настройка программы поляризации выполнялись с помощью программатора на компьютере с установленным программным обеспечением IPC2000. Потенциал стали измерялся относительно электрода сравнения, имеющего в морской воде стабильный во времени потенциал. Регистрация экспериментальных данных (сила тока и электрохимический потенциал) выполнена компьютером автоматически в течение всего эксперимента. Запись эксперимента проводилась 5 раз, для уточнения диапазона погрешностей.

Экспериментальные исследования судостроительных сталей при катодной поляризации

Подготовка образцов к эксперименту проводилась для образцов после моделирования условий:

- непрерывного погружения в модельный раствор морской воды;
- района переменной ватерлинии морских судов, океанотехнических объектов и морских робототехнических комплексов.

Для проведения потенциостатических исследований зависимости потенциала судостроительных сталей от условий морской среды на основе комплекса [7] был разработан комплекс для исследования электрохимического потенциала поверхностного слоя стали в условиях непрерывного погружения в модельный раствор морской воды и в районе ПВЛ при катодной поляризации.

Результаты исследований судостроительных сталей

Авторами работы была проведена серия лабораторных исследований по определению потенциала на чистой поверхности судостроительной стали, на поверхности после моделирования подводного состояния и в районе ПВЛ при катодной поляризации.

В ходе потенциодинамических исследований построены графики, на рисунках 2–4 приведены результаты исследования на примере стали 09Г2.

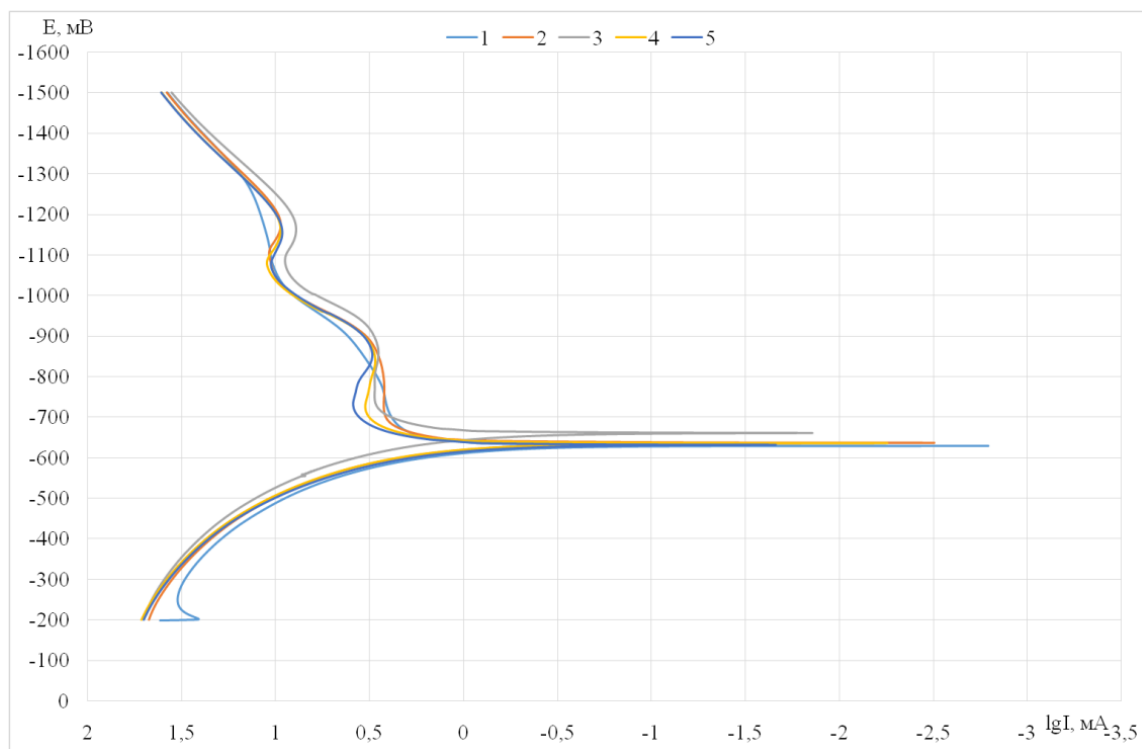


Рисунок 2 – График зависимости E - I в результате исследования поверхности чистого образца

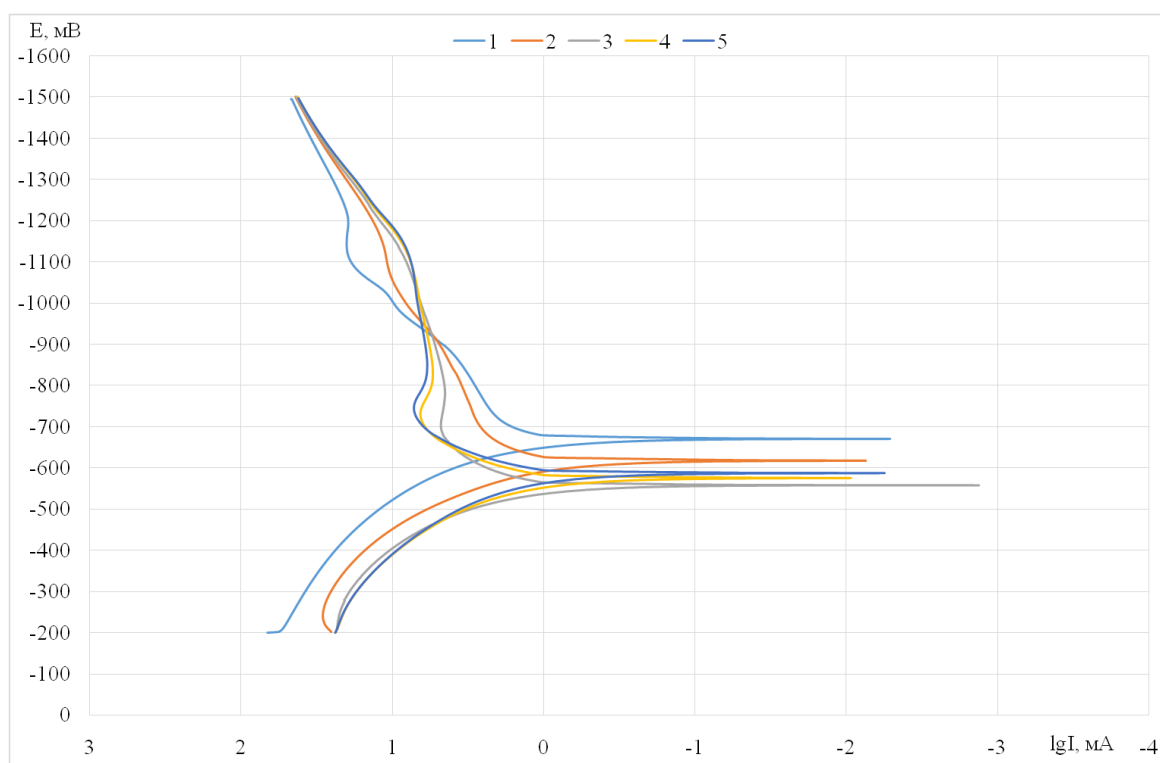


Рисунок 3 – График зависимости E - I в результате исследования образца в условиях моделирования полного погружения

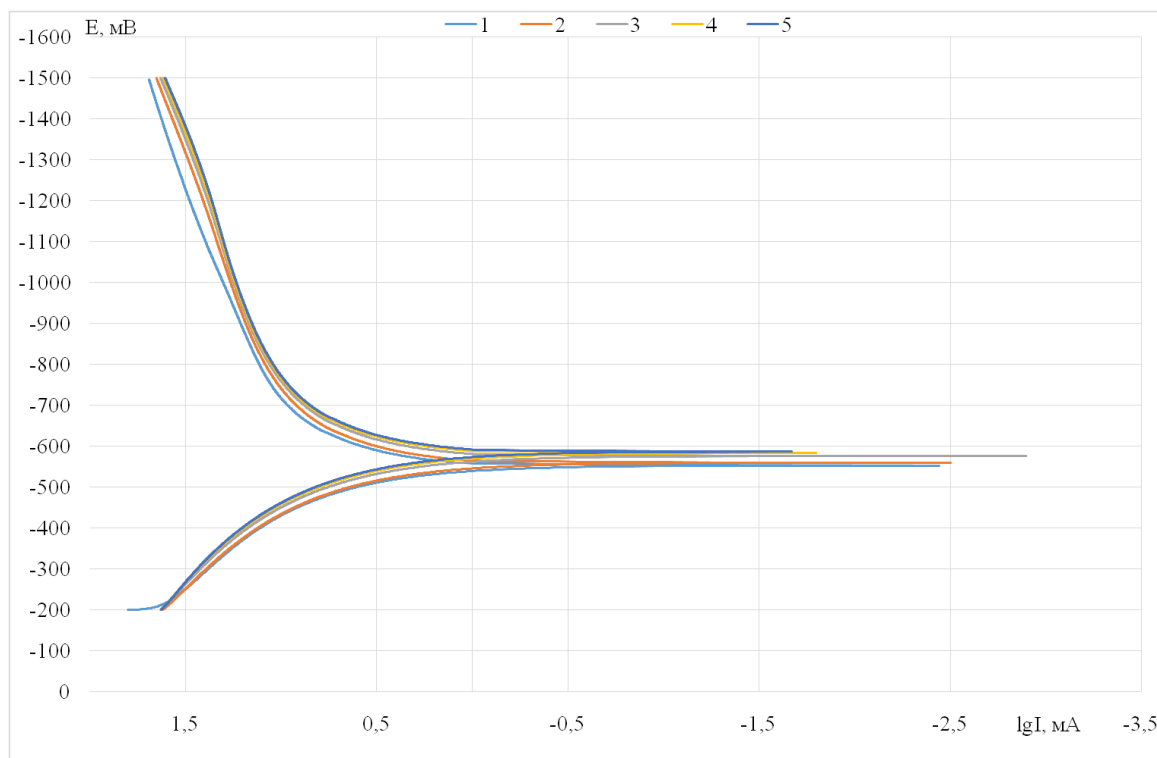


Рисунок 4 – График зависимости E-I в результате исследования образца при моделировании условий переменной ватерлинии

Поведение образцов с разными условиями моделирования поверхности стали при катодной поляризации обусловлено их химическим составом и физическими свойствами при взаимодействии с морской водой. Графики также демонстрируют изменения кривизны линий, что требует дополнительного изучения и анализа влияния данных изменений на качество катодной поляризации таких поверхностей при использовании данной технологии в системах защиты судов и сооружений от коррозионно-механических разрушений. Особого внимания требуют пики при минимальных значениях $\lg(I)$ на графике зависимости E-I в результате исследования образца в условиях моделирования полного погружения (рисунок 3), так как разница значений электрохимического потенциала в данном случае превышает 150 мВ

Выводы

Таким образом, в работе экспериментально исследована зависимость потенциала судостроительной стали от воздействия морской среды – при непрерывном погружении в морскую воду и в области переменной ватерлинии морских судов и сооружений. Особенности поведения образцов с различными условиями моделирования поверхности стали определяются её химическим составом и физическими свойствами при контакте с морской водой. Полученные результаты требуют дополнительного изучения и анализа с целью выявления их влияния на качество катодной защиты морских судов и сооружений.

Библиографический список

1. Указ Президента РФ № 645 от 26.10.2020 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» (В редакции указов Президента Российской Федерации от 12.11.2021 № 651, от 27.02.2023 № 126).
2. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. Под ред. И.В. Семеновой. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2022. – 416 с.
3. 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.
4. Kim, J.-H. Cathodic protection criteria of ship hull steel under flow condition in seawater / Jin-Ho Kim, Yong-Sang Kim, Jung-Gu Kim // Ocean Engineering. – Elsevier Ltd., 2016. – Vol. 115. – pp. 149–158.
5. Mainier, Fernando B. Ship hull corrosion caused by default and lack of maintenance on the impressed current cathodic protection / Fernando B. Mainier, Victor Perassolli // IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), ISSN (e): 2250-3021, ISSN (p): 2278-8719. – Vol. 04, Issue 02 (February. 2014), ||V2|| – pp. 34–39.
6. Xing, S.H. Optimization the quantity, locations and output currents of anodes to improve cathodic protection effect of semi-submersible crane vessel / S.H. Xing, Y. Li, H.Q. Song, Y.G. Yan, M.X. Sun // Ocean Engineering. – Elsevier Ltd., 2016. – Vol. 113. – pp. 144–150.
7. Пат. 2 695 961 Российская Федерация, МПК G 01 N 17/02. Комплекс для исследования электрохимических характеристик корпусных конструкций судов и плавучих технических сооружений / Родькина А.В., Иванова О.А., Душко В.Р., Крамарь В.А. / заявители и патентообладатели Родькина А.В., Иванова О.А., Душко В.Р., Крамарь В.А. – № 2018134086, заявл. 26.09.2018. опубл. 29.07.2019, Бюл. № 22.
8. Крамарь В.А., Шацких О.Н., Родькина А.В., Иванова О.А., Душко В.Р. Экспериментальное исследование зависимости потенциала судостроительных сталей от условий морской среды. 2023. № 2 часть 1, С. 60—66. DOI: 10.37220/MIT.2023.60.2.006.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СУДОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

Симененко София Андреевна

аспирант

E-mail: SA_Simenenko@sevsu.ru

Сидорова Анна Андреевна

аспирант

E-mail: annasidorova2206.andreevna@yandex.ru

Иванова Ольга Александровна

кандидат технических наук, доцент

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

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

PROSPECTS OF USING COMPOSITE MATERIALS STRUCTURES FOR HYDROFOIL VESSELS

Simenenko Sofiya Andreevna

PhD student

Sidorova Anna Andreevna

PhD student

Ivanova Olga Alexandrovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Federal State Educational Institution

of Higher Education "Sevastopol State University"

Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. На основе проанализированных материалов государственных стратегий развития водного транспорта определены перспективные к исследованию типы судов. Выполнен анализ формы обводов и марки материала корпуса судов на подводных крыльях. Выполнена сравнительная характеристика изменения водоизмещения судов из легких сплавов без и с применением композиционных материалов.

Ключевые слова: суда на подводных крыльях, композиционные материалы, крыло, крыльевое устройство, надстройка.

ABSTRACT. The prospects types of vessels were determined based on the analyzed materials of state strategies for the development of water transport. An analysis of the hydrofoil hull contours and material grade has been carried out. A comparative description of the light alloy vessel's lightweight change with and without the use of composite materials has been carried out.

Keywords: hydrofoils, composite materials, wing, foil system, superstructure.

Введение

Повышение транспортной доступности для населения регионов России – актуальная социальная задача, решение которой зависит от интенсивности развития скоростных пассажирских перевозок, в частности – строительства судов нового поколения, превосходящих по мореходности и топливной экономичности существующие типы водного транспорта. Согласно положениям Государственной программы Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы», создание и усовершенствование судов с динамическими принципами поддержания для внутренних морских и водных путей позволит расширить сферы действия водного транспорта, обеспечивая при этом высокую конкурентоспособность и эффективность использования и снижая уровень нагрузки на основные транспортные магистрали [1].

На основании Государственной программы, стратегии научно-технологического развития РФ [2], а также с учетом требований региональных и муниципальных целевых программ для развития скоростного пассажирского флота [3], авторами работы в качестве объектов исследования были приняты суда на подводных крыльях, как перспективные морские сооружения для обеспечения пригородных и внутригородских перевозок и перевозок на туристических маршрутах.

Анализ формы обводов корпуса СПК

В СССР развитие судов на подводных крыльях (СПК) началось в начале XX века, когда под руководством конструктора Р.Е. Алексеева был построен и сдан в эксплуатацию речной пассажирский теплоход на малопогруженных подводных крыльях «Ракета» [4]. Использование подводных крыльев позволило поднять корпус судна над поверхностью воды, что способствовало уменьшению сопротивления воды движению судна, увеличению скорости хода и обеспечению более высоких мореходных качеств судна. Надстройка и рубка СПК имели обтекаемую форму с целью снижения аэродинамического сопротивления, возникающего при отрыве корпуса СПК от поверхности воды, обводы днища имели один или несколько реданов и резко выраженные скулы, позволяющие обеспечить оптимальное взаимодействие с крыльевым устройством в момент выхода судна на крылья [5]. Носовые шпангоуты выполнены с большим углом килеватости, шпангоуты основной части корпуса имеют V-образную форму с малой килеватостью.

Дальнейшее развитие флота СПК связано с разработкой серии оптимальных профилей для малопогруженных крыльев, отдельных узлов крыльевых устройств, крыльевых схем и обводов корпуса. Таким образом, в

эксплуатацию вводятся более усовершенствованные отечественные речные и морские суда – речной теплоход «Беларусь», катер «Волга», морские теплоходы «Комета» (рисунок 1), «Стрела», теплоход «Метеор», имеющие упрощенные обводы, плоско-выпуклый профиль крыльев с острой передней кромкой. Среди зарубежных прототипов СПК наиболее широкое распространение получили СПК фирмы «Супрамар», проекты итальянской и японской постройки: пассажирские катера проекта РТ20 и его модификация катер РТ20/59 «Карибе», катер RHS160, катера МН30 фирмы «Мицубиси», INF-3 и INF-8 фирмы «Исикавадзима-Харима» и др. Корпус проектов клепаной и сварной конструкции, остроскулый, имеет V-образную форму обводов и один или несколько реданов, крыльевое устройство стандартного типа «Шертель-Саксенберг» с V-образными крыльями.



Рисунок 1 – СПК «Комета»

В настоящее время согласно [3] для обеспечения пассажирских перевозок планируется построить 76 единиц СПК, в том числе 51 «Валдай 45Р», 25 «Метеор 120Р».

СПК «Валдай 45Р», основанный на технических характеристиках проекта СПК «Полесье», был введен в эксплуатацию в 2019 году. Его конструкция отличалась от предшественников некоторыми конструктивными особенностями: форма носа – клиновидная, с наклоненным форштевнем, транцевая корма, обводы днища имеют килеватость и при сопряжении с корпусом образуют острую скулу. Профиль крыла плоско-выпуклый с заостренной входящей кромкой – такая конструкция позволяет минимизировать воздействие кавитации и последствия изменений гидродинамических характеристик крыла в процессе эксплуатации судна.

Выбор и обоснование марки корпуса судна

Первые проекты СПК имели в своей конструкции малопогруженные крылья и отличались малым водоизмещением, следовательно, размеры конструкций корпуса и крыльевых устройств соответствовали нормам общей прочности. Ввиду стремления к увеличению водоизмещения и скорости хода, современные СПК требуют более детальной проработки их конструктивных

элементов, рационального выбора марки материала, исследования вопросов шума и вибрации, соответствия конструкций требованиям прочности для обеспечения безаварийной эксплуатации в условиях волнения [5].

В 70–80-х годах XX века выбор марки материала для корпуса СПК производился с учетом их специфических условий эксплуатации. Для корпуса в целом использовали свариваемые алюминиевые сплавы марки АМгб1, характеризующиеся высокой коррозионной стойкостью в морской воде и хорошей свариваемостью, нержавеющая сталь марки 09Х17Н7Ю; для крыльевых устройств – стали аустенитного класса марки 12Х18Н10Т, дисперсно-твердеющие стали марки 08Х17Н6Т [5]. С учетом механических характеристик указанных материалов, проектирование СПК большего водоизмещения не представлялось возможным. В качестве оптимального материала для снижения массы корпуса СПК с целью увеличения водоизмещения и иных технико-экономических показателей судна предлагается использование конструкций из композиционных материалов (стеклоармированные материалы, карбоволокониты, бороволокониты и др.). Композиционные материалы обладают более высокими прочностью и теплопроводностью, хорошими электроизоляционными свойствами, возможностью сочетания с другими материалами (трехслойные конструкции) [6]. Следующие поколения СПК имели конструкции из полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных и фенолоформальдегидных смол (арматура, коуши для пеньковых канатов) и стеклотекстолитов (элементы крыльевых устройств).

Активное использование композиционных материалов в зарубежном судостроении подтверждается следующими проектами: поликарбонатный катер Templar Cruiser 26; рыболовецкий сейнер, корпус которого выполнен из композитного сэндвич-материала DIAB; паромы из углеродного волокна компании Brødrene Aa; атомные подводные лодки класса Вирджиния, надстройки и носовая часть которых выполнены из эпоксикомпозита [7]. В 2011 году под руководством конструкторского бюро "Albatros Marine Design Co., Ltd." на верфи Владивостока были построены пассажирские быстроходные теплоходы-катамараны «Меркурий» и «Нептун», основной конструктивный материал корпуса которых состоит из композитных сэндвич-панелей (стекловолокно), обеспечивающих хорошую звуко- и теплоизоляцию и значительно уменьшающих массу корпуса в целом. Проекты положили начало решения вопроса об использовании в конструкции скоростных судов сэндвич-моделей, как элементов скоростных судов нового поколения. Проектирование надстроек СПК с применением неметаллических композиционных материалов направлено на снижение массы отдельных статей нагрузки и повышение полезной нагрузки судна, уменьшение количества балок набора корпуса, т.е. создание безнаборных или редко подкрепленных набором конструкций.

В 2017 году на Средне-Невском судостроительном заводе (АО «СНСЗ») был введен в эксплуатацию пассажирский катамаран «Грифон» проекта 23290, в котором в качестве основного материала корпуса использовался углепластик. В этом же году произошел спуск на воду СПК «Комета 120М» (рис. 2), рубка управления и кормовая наделька которого выполнены из композитных материалов.



Рисунок 2 – СПК «Комета 120М»

В настоящее время разработкой конструкций из композиционных материалов занимаются многие ведущие судостроительные предприятия России, в том числе АО «СНСЗ», в числе разработок которого композитные катера (проект Р1650 «Рондо») и катамараны, тральщики (проекты 12700, 10750Э) и научно-исследовательские суда («Пионер-М») [7]. Отдельные элементы корпуса указанных судов выполнены из композитов с применением слоистых пластиков без использования сварочных материалов. Развитие такой технологии в судостроении в будущем позволит изготавливать корпуса СПК полностью из композиционных материалов.

В работе был выполнен анализ по типам СПК в зависимости от длины судна, водоизмещения порожнем при приблизительно равных значениях скорости с учетом марки материала корпуса. В таблице 1 представлены сравнительные характеристики некоторых проектов СПК.

На рисунке 3 показаны характеристики СПК длиной до 10 м. В результате анализа выявлено, что при приближенном равенстве главных размерений и скоростных характеристик применение в конструкции корпуса композиционных материалов позволяет значительно снизить водоизмещение порожнем, не снижая при этом пассажировместимость.

Однако у сооружений больших размерений и пассажировместимости (рисунок 4) наблюдается незначительное снижение значений водоизмещения порожнем.

Таким образом, для определения зависимости снижения массы сооружения от доли применения композиционных материалов с учетом влияния главных

размерений и мощности требуется подробное исследование влияния каждого составляющего уравнения масс, таких как: масса корпуса, массы оборудования и электрооборудования, масса энергетической установки, масса крыльевого устройства, масса движительно-рулевого комплекса и других составляющих, влияющих на водоизмещение порожнем.

Таблица 1 – Характеристика СПК

Наименование, год постройки	Главные размеры	Скорость хода, узл	Масса корпуса, т	Материал корпуса	Пассажиро-местность, чел
Металлический корпус					
Катер на ПК «Волга», 1957 г	$L = 9,0$ м; $B = 2,13$ м.	32,4	12,45	АМг5В	5
Теплоход на ПК «Ракета», 1957 г.	$L = 26,96$ м; $B = 5,0$ м.	35,1	18,06	Корпус – Д16, крылья – сталь Х19Н9Т	64
Корпус с элементами из композиционных материалов					
Теплоход на ПК «Стрела-Н», 2011 г.	$L = 8,6$ м; $B = 2,1$ м.	35,1	2,7	Корпус – стеклопластик, АМг, крылья – нержавеющая сталь	5-7
Прогулочное СПК «Candela C-8», 2022 г.	$L = 8,5$ м; $B = 2,5$ м.	27	1,6	Карбон, углеродное волокно	8
СПК «Валдай 45Р», 2019 г.	$L = 21,3$ м; $B = 5,2$ м.	35,1	15,9	Полимерные композиционные материалы	45

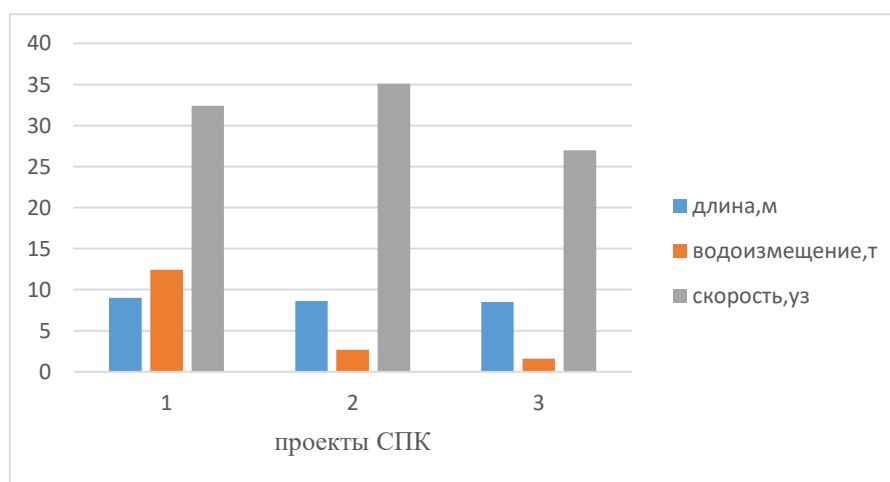


Рисунок 3 – Группа СПК длиной до 10 м:
1 – «Волга», 2 – «Стрела-Н», 3 – «Candela C-8»

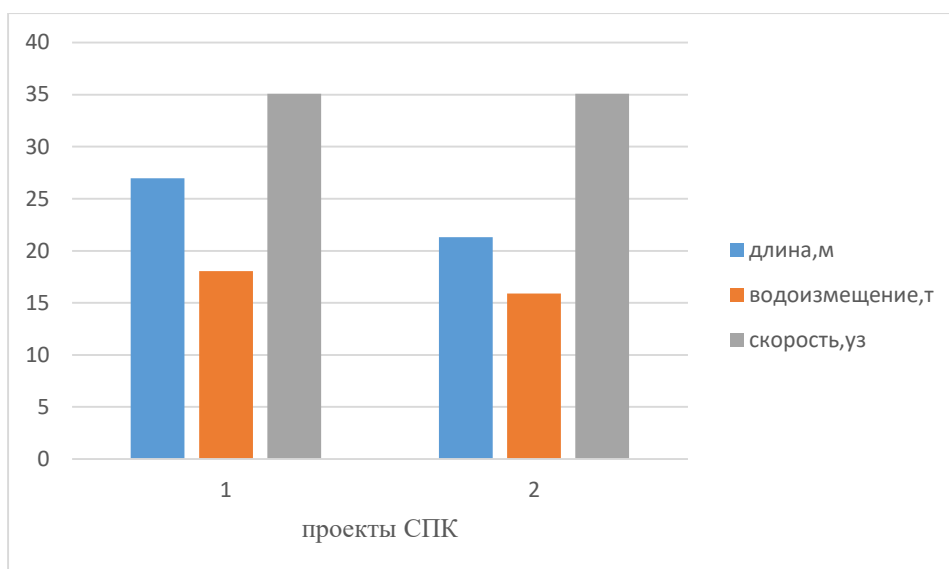


Рисунок 4 – Группа СПК длиной от 20 м: 1 – «Ракета», 2 – «Валдай 45Р»

Заключение

Актуальность исследования особенностей конструкции судов с динамическими принципами поддержания подтверждается результатами выполненного в работе анализа требований стратегий развития и других государственных документов. Проанализированы отечественные и зарубежные проекты судов с динамическими принципами поддержания, форма обводов и материал корпуса СПК на разных этапах развития скоростного флота. Исследования показали целесообразность применения композиционных материалов с целью увеличения пассажировместимости без увеличения водоизмещения порожнем.

Перспективой дальнейших исследований является исследование возникающей в ходе эксплуатационных нагрузок вибрации корпуса СПК и последующих повреждений корпуса, а также анализ использования механических свойств композиционных материалов для минимизации данных повреждений и повышения надежности конструкции.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ № 2514-р от 24.12.2012. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013-2030 годы».
2. Стратегия научно-технологического развития РФ «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, новым материалам и технологиям конструирования»
3. Нижегородский «Водолет» рассчитывает приобрести семь судов до 2027 года [сайт]: Коммерсантъ. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/7325525?ysclid=m3ytzl70lt507561577> (дата обращения: 22.11.2024).

4. Грибов, К. В. Скоростные суда на крыльях для Дальневосточного бассейна (обзор) / К. В. Грибов, Г. А. Федореев // Вестник ИШ ДВФУ. – 2017. – №1 (30). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/skorostnye-suda-na-krylyah-dlya-dalnevostochnogo-basseyna-obzor> (дата обращения: 22.11.2024).

5. Зиганченко, П. П. Суда на подводных крыльях: Конструирование и прочность / П. П. Зиганченко, Б. П. Кузовенков, И. К. Тарасов – Л.: Судостроение, 1981. – 312 с.

6. Справочник по современным судостроительным материалам / В. Р. Абрамович, Д. В. Алешин, И. М. Альшиц и др. – Л.: Судостроение, 1979. – 584 с.

7. Композитный Кластер Санкт-Петербурга. Опыт применения композитов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nevainter.com/files/File/2019/programm/material/1709/zazimko.pdf?ysclid=m42fs5i58n785941395> (дата обращения: 24.11.2024).

СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССАЖИРСКОГО КАТАМАРАНА

Скачкова Анастасия Александровна

магистрант

E-mail: 06883@bk.ru

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

SOLAR PANELS AS AN ELEMENT OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF A PASSENGER CATAMARAN

Anastasia Skachkova

Master's Degree Student

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

АННОТАЦИЯ. В условиях современного мира при проектировании и строительстве судов необходимо учитывать не только экономическую целесообразность, но и строгое соблюдение экологических норм и стандартов. Одним из перспективных направлений в судостроении является разработка судов, использующих альтернативные источники энергии, такие как электродвигатели и солнечные батареи. В данной статье рассмотрен вопрос выбора солнечных батарей для обеспечения энергией пассажирского катамарана. С помощью метода анализа иерархий (МАИ) определен наиболее подходящий вариант из доступных.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, альтернативная энергетика, солнечные батареи, метод анализа иерархий.

ABSTRACT. In the modern world, when designing and building ships, it is necessary to take into account not only economic feasibility, but also strict observance of environmental norms and standards. One of the promising areas in shipbuilding is the development of vessels using alternative energy sources such as electric motors and solar panels. This article discusses the issue of choosing solar panels to provide energy for a passenger catamaran. Using the hierarchy analysis method (MAI), the most suitable option is determined from the available ones.

Keywords: renewable energy sources, alternative energy, solar panels, hierarchy analysis method.

Введение

В настоящее время за границей всё больше внимания уделяется использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Это связано с тем, что запасы невозобновляемых ресурсов, в отличие от ВИЭ, истощаются с каждым годом, а их стоимость растёт.

Сегодня наблюдается значительный рост интереса к энергетике на возобновляемых ресурсах, что привлекает внимание государственных деятелей, учёных и журналистов. Во всём мире активно используется выработка электроэнергии с помощью электростанций, работающих на солнечных батареях. Масштабы применения таких электростанций постоянно увеличиваются. Технологии производства солнечных элементов постоянно совершенствуются. Сейчас электростанции на солнечных элементах могут использоваться как дополнительные источники электроснабжения, работающие совместно с другими системами, или как полностью автономные источники [1].

Изложение основного материала

В условиях активного развития технологий использования солнечной энергии, актуальной задачей является внедрение этих технологий в различные области деятельности, включая морской транспорт. Необходимо разработать оптимальное решение для сбора и использования солнечной энергии, в том числе на водных объектах [2].

Достоинства солнечной энергетики [3]:

- А) Популярность и неисчерпаемость источника.
- Б) Безопасность окружающей среды.
- В) Отсутствие движущихся частей, благодаря чему срок службы электростанции практически не ограничен.

В данной статье произведен анализ выбора солнечных панелей для пассажирского катамарана прибрежного плавания мощностью 1400 кВт.

При выборе солнечных панелей важно ориентироваться на ряд характеристик, имеющих значительное влияние на обеспечение энергией катамарана. В качестве конкурентных технических решений рассматриваются такие показатели, как мощность солнечной панели, ее цена, срок службы, а также конкурентоспособность.

Учитывая широкое разнообразие существующих на рынке преобразователей солнечной энергии, для выбора наиболее подходящего воспользуемся методом анализа иерархий (МАИ), разработанным Томасом Саати в 1970 году. Данный метод основан на построении структуры иерархии (рисунок 1), содержащей главную цель исследования, основные критерии и альтернативы выбора.

Основная цель данного исследования заключается в выборе солнечных панелей для энергообеспечения судна.

Критерии: мощность, цена, срок службы, конкурентоспособность.

Альтернативы: SilaSolar 400Вт PERC, SilaSolar 330Вт PERC, E-Power 160Вт. Основные характеристики моделей представлены в таблице 1.

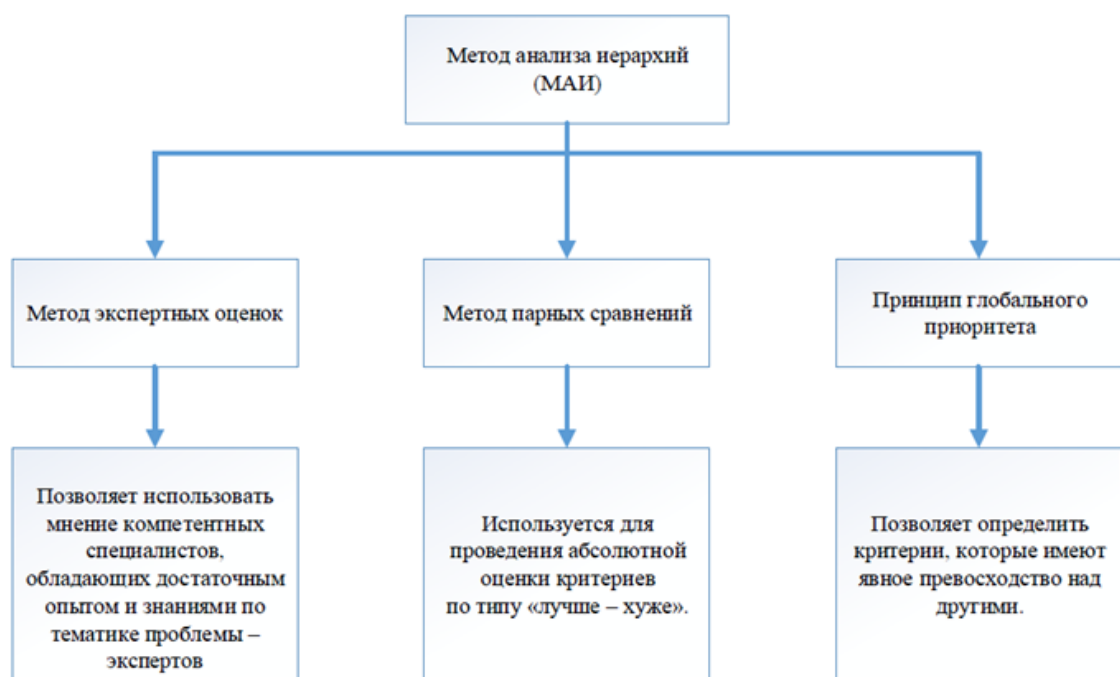


Рисунок 1 – Структура МАИ

Таблица 1 – Характеристики солнечных панелей

Характеристика	Значение		
<i>Альтернатива</i>	<i>SilaSolar 400Bm PERC</i>	<i>SilaSolar 330Bm PERC</i>	<i>E-Power 160Bm</i>
Мощность, Вт	400	330	160
Количество элементов, шт	144 (12x12)	72 (6x12)	36 (4x9)
Максимальный вольтаж, В	1000	1000	600
Эффективность ячейки, %	22,05	18,6	20,0
Срок службы	не менее 30 лет	не менее 25 лет	не менее 10 лет
Рабочая температура	от -40°C до +85°C	от -40°C до +85°C	от -20°C до +65°C
Ветровая нагрузка	до 2400 Па (244 кг/м ²)	до 2400 Па (244 кг/м ²)	до 2400 Па (244 кг/м ²)
Цена, руб	14,444	10,488	14,102

Степень предпочтения эксперта выражена следующей шкалой:

- 1 = одинаково;
- 3 (1/3) = немного важнее/лучше (хуже);
- 5 (1/5) = существенно важнее/лучше (хуже);
- 2; 4 (1/2; 1/4) = промежуточное мнение.

Ниже представлены таблицы 2–6, результаты которых основаны на построении матрицы парных сравнений: критериев по цели и альтернатив по критериям.

Таблица 2 – Матрица попарных сравнений критериев по цели

	Мощность	Цена	Срок службы	Конкурентоспособность продукта	Среднее геометрич.	Нормир. ср. геом.
Мощность	1	3,0	5	4	2,78	0,54
Цена	0,33	1	2	3	1,19	0,23
Срок службы	0,20	0,50	1	3	0,74	0,14
Конкурентоспособность продукта	0,25	0,33	0,33	1	0,41	0,08

Таблица 3 – Матрица попарных сравнений критерия мощности

Мощность	SilaSolar 400Вт PERC (5BB)	SilaSolar 330Вт PERC (5BB)	E-Power 160Вт (5BB)	Ср. геом.	Нормир. ср. геом.
SilaSolar 400Вт PERC (5BB)	1	0,33	0,5	0,55	0,16
SilaSolar 330Вт PERC (5BB)	3,0	1	3,0	2,08	0,59
E-Power 160Вт (5BB)	2,0	0,33	1	0,87	0,25

Таблица 4 – Матрица попарных сравнений критерия цены

Цена	SilaSolar 400Вт PERC (5BB)	SilaSolar 330Вт PERC (5BB)	E-Power 160Вт (5BB)	Ср. геом.	Нормир. ср. геом.
SilaSolar 400Вт PERC (5BB)	1	0,20	0,25	0,37	0,09
SilaSolar 330Вт PERC (5BB)	5	1	4,0	2,71	0,66
E-Power 160Вт (5BB)	4	0,25	1	1,0	0,24

Таблица 5 – Матрица попарных сравнений критерия аналитических срока службы

Срок службы	SilaSolar 400Вт PERC (5BB)	SilaSolar 330Вт PERC (5BB)	E-Power 160Вт (5BB)	Ср. геом.	Нормир. ср. геом.
SilaSolar 400Вт PERC (5BB)	1	0,20	0,33	0,41	0,10
SilaSolar 330Вт PERC (5BB)	5	1	5,0	2,92	0,70
E-Power 160Вт (5BB)	3	0,2	1	0,84	0,20

Таблица 6 – Матрица попарных сравнений критерия конкурентоспособности

Конкурентоспособность	SilaSolar 400Вт PERC (5BB)	SilaSolar 330Вт PERC (5BB)	E-Power 160Вт (5BB)	Ср. геом.	Нормир. ср. геом.
SilaSolar 400Вт PERC (5BB)	1	0,25	0,20	0,37	0,09
SilaSolar 330Вт PERC (5BB)	4,0	1	0,33	1,10	0,28
E-Power 160Вт (5BB)	5	3	1	2,47	0,63

Веса альтернатив, определяющие решение поставленной цели, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Веса альтернатив

Альтернатива	Вес, %
SilaSolar 400Вт PERC (5BB)	42,0
SilaSolar 330Вт PERC (5BB)	39,0
E-Power 160Вт (5BB)	34,0

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод, что в качестве наиболее подходящей солнечной панели, способной обеспечить энергией пассажирский катамаран, является SilaSolar 400Вт PERC (5BB).

Библиографический список

- 1 Винников А. В., Денисенко Е. А., Долбенко Д.В. К вопросу выбора солнечной фотоэлектрической станции // Научный журнал КубГАУ – 2015. – № 108. – С. 1–11.
- 2 Кононенко С.В., Головки С.В., Надеев М.А., Павленок В.А. Применение солнечных батарей на объектах морской инфраструктуры // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2018. – №3. – С. 101–106.
- 3 Григораш О.В., Евтушенко И. В., Попучиева М.А. Классификация и основные способы построения солнечных электростанций // Научный журнал КубГАУ – 2016. – №124. – С. 1–14.

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ
ДЕФЕКТОВ СУДОВЫХ СИСТЕМ**

Фадевнин Глеб Аркадьевич
аспирант

E-mail: fadevnin@bk.ru

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

**ANALYTICAL REVIEW OF GLOBAL TRENDS IN FORECASTING DEFECTS OF SHIP
SYSTEMS**

Fadevnin Gleb
PhD student

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

АННОТАЦИЯ. В статье представлен аналитический обзор мировых и российских подходов к прогнозированию дефектов судовых систем с акцентом на применение машинного обучения. Рассматриваются методики предиктивного ремонта, включая сбор и анализ данных, а также практическое применение технологий в судоремонте. Особое внимание уделено российскому опыту, характеризующемуся богатой базой данных по эксплуатации судов и высоким уровнем унификации судовых систем.

Ключевые слова: прогнозирование дефектов, машинное обучение, предиктивный ремонт, судовые системы, унификация.

ABSTRACT. The article presents an analytical review of global and Russian approaches to predicting defects in ship systems with an emphasis on the use of machine learning. Predictive repair techniques are considered, including data collection and analysis, as well as the practical application of technologies in ship repair. Special attention is paid to the Russian experience, characterized by a rich database on ship operation and a high level of unification of ship systems.

Keywords: defect prediction, machine learning, predictive repair, ship systems, unification.

Введение

Судостроительная отрасль стремительно развивается, что вызывает необходимость применения современных подходов к техническому обслуживанию. Прогнозирование дефектов систем с использованием методов машинного обучения (ML) становится всё более актуальным, позволяя оптимизировать расходы и повышать безопасность судов.

В международной практике ML успешно применяется для предиктивного ремонта (Predictive Maintenance, PdM), обеспечивая раннее обнаружение

неисправностей. В Российской Федерации наличие обширной информационной базы данных, содержащей сведения о ремонте судов, а также высокий уровень стандартизации и унификации систем, могут создать условия для успешного внедрения методов машинного обучения с целью осуществления предиктивного ремонта.

Целью данной статьи является всесторонний анализ существующих подходов и методов, применяемых для диагностики и прогнозирования дефектов судовых систем.

Методика проведения анализа

Для анализа использованы данные из научных статей, технических отчётов и международных баз данных. Этапы работы включали:

- Систематизацию информации по методам прогнозирования дефектов.
- Сравнительный анализ международных и российских практик.
- Выделение ключевых тенденций и формулировка выводов.

Конструкция фильтра изображена на рисунке 2.

Мировая практика прогнозирования дефектов

1. Методы и технологии

В США ведущие судоходные компании внедряют системы машинного обучения для диагностики судовых двигателей и систем охлаждения. Нейронные сети и модели временных рядов позволяют анализировать эксплуатационные данные, такие как температура, давление и вибрация, для прогнозирования неисправностей. Эти подходы доказали свою эффективность, сократив непредвиденные простои на 40% и снизив затраты на внеплановые ремонты.

В Европе активно внедряются системы, интегрирующие предиктивный ремонт с концепцией «умного судна». Например, Siemens развивает платформу Digital Twin, которая использует цифровые двойники для моделирования износа и прогнозирования технического состояния судов. Платформа позволяет анализировать состояние корпуса и систем судна в режиме реального времени, снижая вероятность отказов [1].

2. Примеры внедрения

Marine Diagnostics (ЕС): использование анализа вибраций для раннего обнаружения износа оборудования [2].

Siemens (Германия): развитие концепции цифровых двойников для прогнозирования состояния судовых систем [3].

3. Глобальные инициативы: стандартизация подходов

Международные организации, такие как ИМО (Международная морская организация), активно работают над созданием стандартов для интеграции машинного обучения в системы судоходства. Эти стандарты включают:

- Требования к сенсорным системам и их калибровке.
- Регламент обмена данными между системами судна и береговыми службами.
- Подходы к обучению специалистов и персонала.

Эти инициативы помогают унифицировать технологии, что особенно важно для международных перевозок [4].

Российская практика

1. Доступ к большим данным и унификация систем

Российская Федерация располагает одной из наиболее обширных информационных систем, охватывающих вопросы эксплуатации и технического обслуживания судов, что обусловлено значительными размерами флота и централизованным подходом к сбору и анализу данных.

Высокий уровень стандартизации судовых систем существенно упрощает внедрение технологий предсказательного обслуживания. Например, применение унифицированных конструкций двигателей и насосов позволяет адаптировать модели машинного обучения для широкого спектра типов судов. [5].

2. Байесовские сети и вибродиагностика

В современных исследованиях широко используются байесовские сети для прогнозирования возможных дефектов в энергетических установках и диагностики насосного оборудования. Эти методы демонстрируют свою высокую эффективность в сложных условиях эксплуатации, таких как работа в арктических регионах. [6].

3. Перспективы развития

Российский судостроительный и судоремонтный секторы обладают значительным потенциалом для внедрения и развития предиктивных технологий. Однако для этого требуется провести масштабную работу по обработке накопленных данных, повысить уровень цифровизации отрасли и обеспечить подготовку квалифицированных специалистов.

Обобщение мирового опыта

1. Используемые технологии

- Использование нейронных сетей и методов временных рядов.
- Интеграция цифровых двойников для моделирования износа.
- Вибродиагностика и байесовские сети для оценки состояния систем.

2. Экономический эффект

- Снижение операционных затрат на 25–40%.
- Сокращение времени простоев и внеплановых ремонтов.

Мировая практика демонстрирует высокий потенциал предиктивного ремонта, особенно в сочетании с ML и цифровыми технологиями.

Выводы

Прогнозирование дефектов судовых систем с применением методов машинного обучения представляет собой перспективное направление, доказавшее свою эффективность в международной практике. Российская Федерация располагает всеми необходимыми условиями для активного внедрения этих технологий, благодаря наличию обширной базы данных и унифицированных систем.

Однако существуют проблемы, связанные с необходимостью цифровизации устаревших судов и стандартизации методов анализа данных. Эти аспекты требуют особого внимания и усилий.

Проведение исследований в данной области имеет высокую актуальность, поскольку способствует уменьшению времени ремонта и простоя судов, повышению надёжности и безопасности морских перевозок.

Библиографический список

1. Fleacă E. AI-Driven Predictive Maintenance in Modern Maritime Transport // Applied Sciences, 2024. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/20/9439> (дата обращения: 29.11.24).
2. Marine Diagnostics. Predictive Maintenance Services. URL: <https://marine-diagnostics.eu> (дата обращения: 29.11.24).
3. Francesco Maione et al. A Machine Learning Framework for Condition-Based Maintenance of Marine Diesel Engines // Algorithms, 2024. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4893/17/9/411> (дата обращения: 29.11.24).
4. IMO. Guidelines for Condition-Based Maintenance. URL: <https://imo.org>.
5. Данилян А. Г., Чимшир В.И. Совершенствование систем технического диагностирования малооборотных судовых дизелей // Молодой ученый. URL: <https://www.moluch.ru/archive/82/14613/> (дата обращения: 29.11.24).
6. Епихин А. И., Богомолов К. И. Современные методы диагностики и прогнозирования технического состояния судовых технических средств с использованием сетей Байеса // Эксплуатация морского транспорта. 2023. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=llhilr> (дата обращения: 29.11.24).

КРУПНОБЛОЧНЫЙ МЕТОД СТРОИТЕЛЬСТВА СУДОВ

Фридман Владимир Александрович

магистрант

E-mail: vfridman44@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

Fridman Vladimir

master's student

Federal State Educational Institution

of Higher Education «Sevastopol State University»

Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена решению проблемы острой нехватки торгового, промыслового и технического флота путем применения крупноблочного метода строительства судов. Раскрыты этапы и особенности технологических процессов. Также к рассмотрению предложен проект, направленный на развитие судостроения в городе Севастополе путем создания компакт-верфи на базе производственных мощностей Севастопольского филиала ООО «РЕМКОР». Статья полезна для преподавателей и студентов, а также сотрудников судостроительных предприятий.

Ключевые слова: судостроение, крупноблочное судостроение, Севастополь.

ABSTRACT. The article is devoted to solving the problem of acute shortage of merchant, industrial and technical fleet in the Russian Federation by using the large-block method of shipbuilding. The stages and features of technological processes are disclosed. Also proposed for consideration is a project aimed at developing shipbuilding in the city of Sevastopol by creating a compact shipyard based on the production capacities of the Sevastopol branch of REMKOR LLC. The article is useful for teachers and students, as well as employees of shipbuilding enterprises.

Keywords: shipbuilding, large-block shipbuilding, Sevastopol.

Введение

В настоящее время в Российской Федерации существует острая нехватка торгового, промыслового и технического флота. Утвержденная в 2019 году «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года» определяла потребность гражданского сектора во флоте к 2035 году в строительстве 250 морских транспортных судов, 1500 транспортных судов «река-море», 1640 судов рыбопромыслового флота, 250 – вспомогательного и

технического флотов, 90 научно-исследовательских, 24 ледоколов, 150 судов и морской техники для освоения шельфовых месторождений.

На судостроительных заводах и верфях нашей страны преимущественно применяют секционный и блочный метод постройки судов. Выбор метода определяются технологией, принятой на каждом судостроительном предприятии и имеющимися производственными мощностями.

Блочный метод строительства судов

Секционный метод заключается в том, что весь корпус судна разбивается на отдельные секции: палубы, борта, днище, переборки, платформы, надстройки и т. д. Детали корпусных конструкций, заготовленные в корпусообрабатывающем цехе, подаются на участок сборки и сварки, где из них собирают отдельные секции. Готовые корпусные секции поступают на стапельные построечные места, где из них формируют корпус судна, выполняют монтажные и сварочные работы.

После изготовления таким методом целого отсека или замкнутого помещения и испытания их на непроницаемость на стапельном месте продолжают монтаж насыщения корпуса (машин, механизмов, устройств, систем).

При блочном методе, который представляет собой развитие секционного метода, судно разбивается на крупные объемные части – блоки, изготавливаемые в сборочно-сварочном цехе из отдельных секций, и подают на стапельное место в готовом виде – часть судна, со всех сторон ограниченную конструкциями, образующими замкнутые отсеки или помещения. В готовом блоке выполняют и весь монтаж насыщения. Готовность отдельных блоков, подаваемых на стапель, доходит до 90%.

Крупноблочное судостроение позволяет существенно сократить, как срок строительства судов, так и себестоимость готовой продукции.

Изготовление блоков осуществляется в цехах, там же производится насыщение блоков (трубы, электропроводка), которое может достигать до 90 % готовности. Выполнение работ в закрытом помещении позволяет облегчить труд рабочих, а также увеличить степень механизации выполняемых работ, что влечет рост производительности труда и качества.

Готовые блоки подаются на стапель, для их последующего монтажа. Размеры блоков зависят от условий строительства и возможности производственных мощностей предприятия. При блочном способе формирование корпуса начинают с установки базового блока, после чего производят стыкование с ним соседних блоков, одновременно по обеим стенкам.

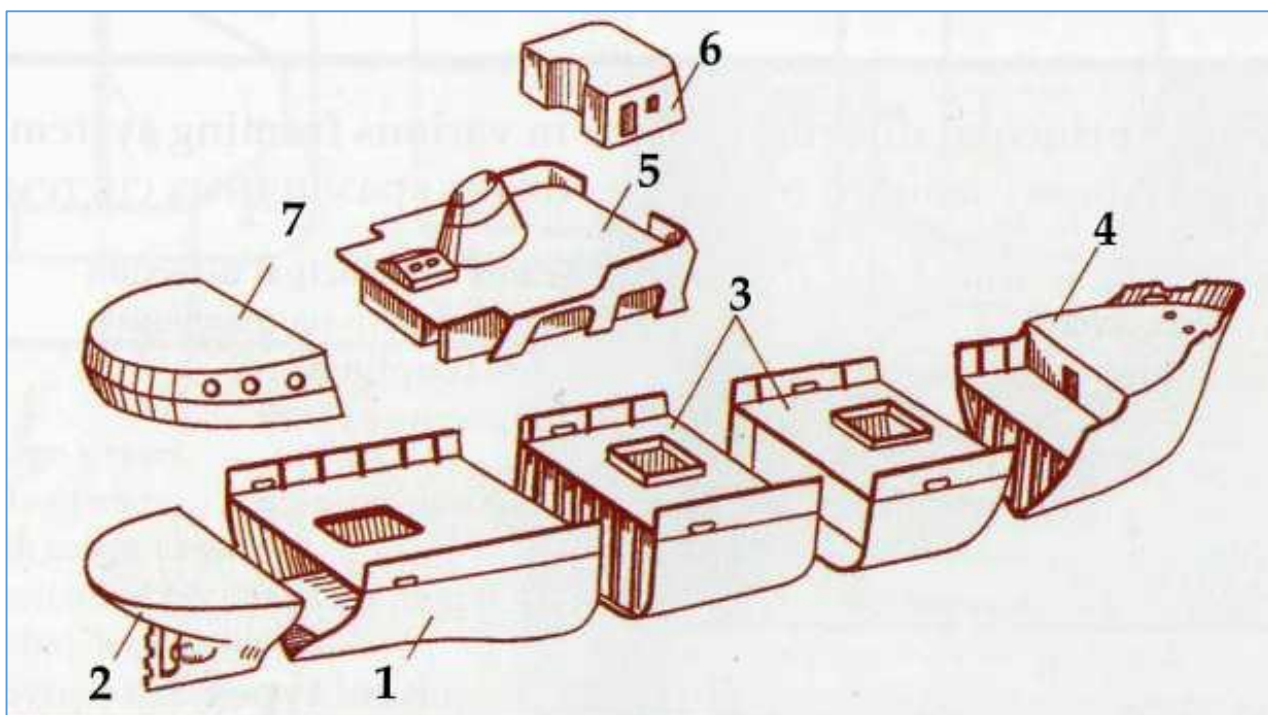


Рисунок 1 – Формирование корпуса судна из блоков

Применение данного метода постройки судов сокращает время необходимое для выполнения процесса сборки и сварки корпуса на стапеле, что, в свою очередь, позволяет увеличить пропускную способность стапелей. Возможность кооперации нескольких заводов или верфей, поднимает производительность труда в 2-3 раза

Наибольшая эффективность метода проявляется при серийной постройке судов.

Кроме того, одним из перспективных направлений развития и совершенствования методов постройки судов, является разработка и применение метода, основанного на модульном принципе проектирования судов. Его суть заключается в формировании судов из ограниченного числа конструктивных и функциональных модулей – платформы, из которой могут быть созданы несколько конфигураций судна. Именно крупноблочный метод строительство судов позволяет перейти к практической реализации данного направления.

Создание компакт-верфи

К рассмотрению предлагается проект, направленный на развитие судостроения в городе Севастополе путем создания компакт-верфи на базе производственных мощностей одного из судоремонтных предприятий – Севастопольском филиале Общества с ограниченной ответственностью «РЕМКОР».

СФ ООО «РЕМКОР» расположен на Северной стороне города Севастополя, в бухте Доковая. Предприятие специализируется на ремонте,

техническом обслуживании, переоборудовании, модернизации судов размерами до Panamax, а также на изготовлении металлоконструкций любой сложности.



Рисунок 2 – Севастопольский филиал ООО «РЕМКОР». Общий вид.

Основные производственные мощности:

- сухой док (габариты: 290x36x11), обеспеченным портальными грузоподъемностью от 10 до 80 т;
- цех (7 пролетов), площадью более 15,5 тысяч м²,
- станочный парк в 280 единиц,
- административно-бытовой корпус.

Реализация программы судостроения возможна, как непосредственно на мощностях ООО «РЕМКОР», так и в кооперации с Акционерным обществом «Севастопольский морской завод имени Серго Орджоникидзе» (АО «СМЗ»), обладающим необходимым производственным оборудованием и персоналом. Оба предприятия входят в группу компаний Объединенной судостроительной корпорации.

На производственной площадке ООО «РЕМКОР» предлагается строительство крупнотоннажных судов размерами Handysize и Panamax.

АО «СМЗ» может быть задействовано для строительства блоков крупных судов, на площадке «Инкерман», а также достройки на набережных, размещенных на площадке «Южная».

На вышеуказанных производственных мощностях, учитывая потребности Азово-Черноморского региона в гражданском флоте, предлагается строить следующие суда:

- морские транспортные суда,
- транспортные суда «река-море»,
- суда технического флота,
- рыбопромысловые суда.

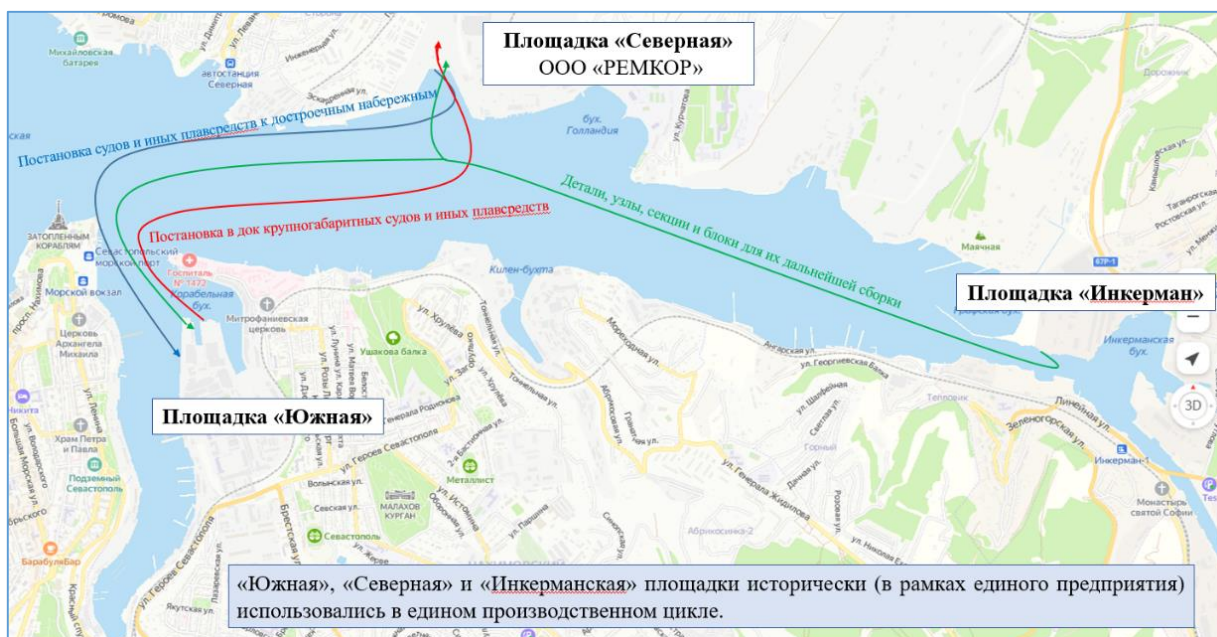


Рисунок 3 – Взаимодействие производственных площадок

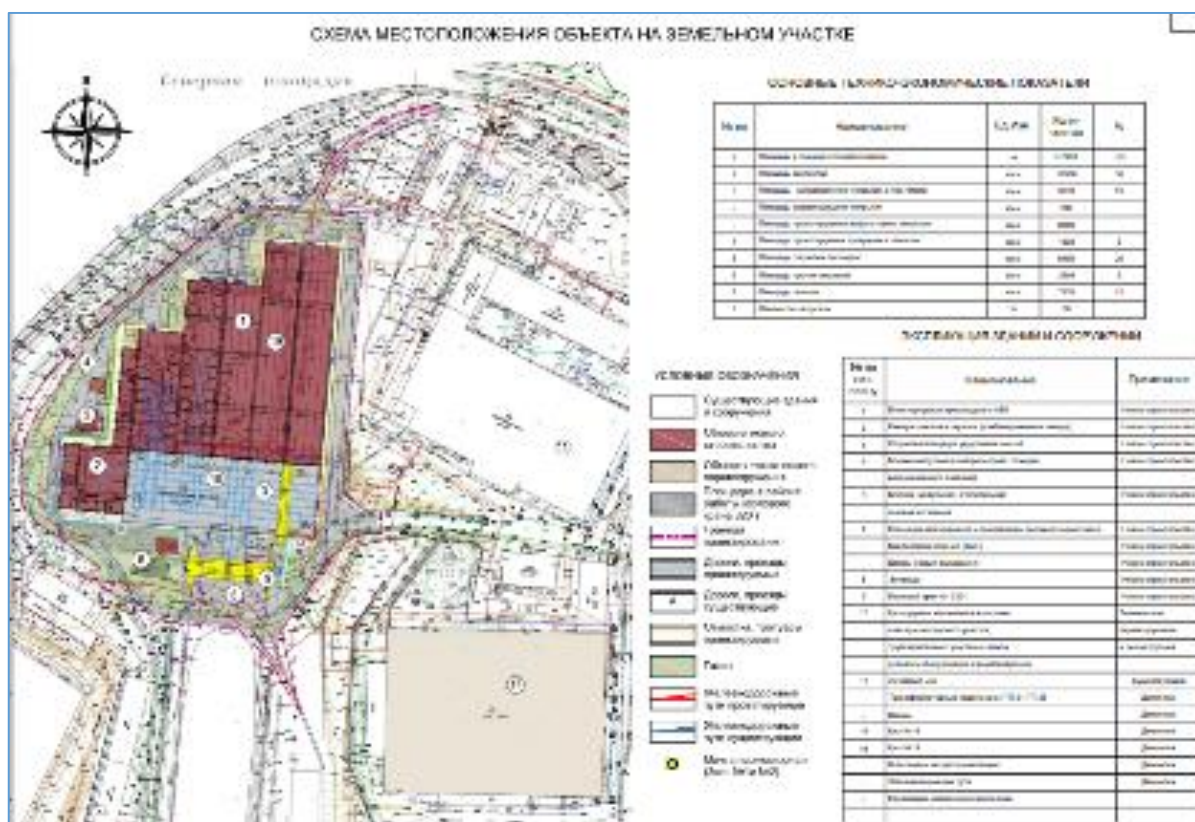


Рисунок 4 – Проект размещения блока корпусных цехов

В рамках реализации проекта предполагается модернизация производственных мощностей ООО «РЕМКОР»

- строительство блока корпусных цехов;
- строительство комбинированной камеры очистки и окраски секций;
- строительство открытой площадки укрупнения секций;
- строительство передаточной эстакады;
- техническое перевооружение сухого дока;
- техническое перевооружение существующего цеха.

Дополнительного негативного воздействия на окружающую среду в результате реализации мероприятий по технического перевооружению и новому строительству не предвидится.

Выводы

Проект направлен на разработку и внедрение строительства судов крупноблочным методом, который основывается на современных технологиях и инновационных решениях. Применение данного метода значительно повышается эффективность и скорость строительства. Крупноблочное судостроение требует новых подходов в управлении процессами и взаимодействии между участниками, что делает его актуальным в современных условиях.

Библиографический список

1 Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года, утверждена распоряжением Правительства РФ от 28.10.2019 № 2553-р, официальный интернет-портал правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>, 30.10.2019

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ МЕСЯЧНЫХ ПОТОКОВ СУММАРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ, ПОСТУПАЮЩЕЙ НА АКВАТОРИЮ СЕВМОРПУТИ

Холопцев Александр Вадимович

доктор географических наук, профессор

E-mail: kholoptsev@mail.ru

Курочкин Леонид Егорович

кандидат технических наук, доцент

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

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

CURRENT TRENDS IN THE MONTHLY FLUXES OF TOTAL SOLAR RADIATION ENTERING THE WATERS OF THE NORTHERN SEA ROUTE

Kholoptsev Aleksander Vadimovich

Doctor of Geographical Sciences, Professor

Kurochkin Leonid Egorovich

Candidate of Technical Science, Assistant Professor

Federal State Educational Institution

of Higher Education «Sevastopol State University»

Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. Актуальной проблемой океанографии и безопасности судоходства является развитие существующих представлений о факторах, значимо влияющих на межгодовые вариации ледовых условий на маршрутах движения судов по Севморпути. Одним из таких факторов в любые месяцы, кроме периода Полярной ночи, являются изменения потоков суммарной солнечной радиации – главного источника энергии, потребляемой при таянии ледяного покрова любых арктических морей. К числу причин этих изменений над акваторией Севморпути могут относиться вариации оптической плотности облачности, обусловленные приближением к ней Северного Магнитного полюса. Выдвинута гипотеза о существовании на акватории Севморпути районов, где в те или иные месяцы преобладали значимые тенденции к увеличению рассматриваемых потоков. Целью работы является проверка данной гипотезы для периода 2000-2024гг. и определение таких районов, соответствующих тому или иному месяцу. Установлено, что на акватории Севморпути в рассматриваемом периоде искомые районы преобладали лишь для месяцев с апреля по сентябрь. В январе и феврале на большинстве ее участков месячные потоки суммарной солнечной радиации значимо снижались. Для марта, октября и ноября на большинстве участков акватории рассматриваемого региона

значимых тенденций в межгодовых изменениях изучаемых потоков не выявлено. При дальнейшем приближении Северного Магнитного полюса к акватории Севморпути выявленные тенденции изменений потоков поступающей в ее районы суммарной солнечной радиации сохранятся и усилятся. В районах, где в 2000-2024гг. поток солнечной радиации в месяцы основного навигационного периода увеличивался, темпы таяния ледяного покрова возрастут, что позволит открывать навигацию в них в более ранние сроки. В море Лаптевых (у Новосибирских островов) и в Восточносибирском море интенсивность инсоляции их ледяного покрова в весенне-летние месяцы снижается. В них вероятно дальнейшее усложнение ледовых условий и уменьшение видимости.

Ключевые слова: Северный морской путь, безопасность навигации, ледовитость, суммарная солнечная радиация, космические лучи, Северный Магнитный полюс.

ABSTRACT. An urgent problem of oceanography and navigation safety is the development of existing ideas about the factors that significantly affect the interannual variations of ice conditions on the routes of ships along the Northern Sea Route. One of these factors in any months, except for the period of the Polar Night, are changes in the fluxes of total solar radiation – the main source of energy consumed during the melting of the ice cover of any Arctic seas. The reasons for these changes over the waters of the Northern Sea Route may include variations in the optical density of clouds due to the approach of the North Magnetic Pole to it. A hypothesis has been put forward about the existence of areas in the waters of the Northern Sea Route, where significant trends towards an increase in the flows under consideration prevailed in certain months. The aim of the work is to test this hypothesis for the period 2000-2024 and to identify such areas corresponding to a particular month. It was found that in the waters of the Northern Sea Route in the period under review, the desired areas prevailed only for the months from April to September. In January and February, the monthly fluxes of total solar radiation significantly decreased in most of its sections. For March, October and November, no significant trends in interannual changes in the studied flows were revealed in most parts of the water area of the region under consideration. With the further approach of the North Magnetic Pole to the water area of the Northern Sea Route, the revealed trends in changes in the flows of total solar radiation entering its areas will persist and intensify. In areas where the flow of solar radiation increased during the months of the main navigation period in 2000-2024, the rate of melting of the ice sheet will increase, which will allow navigation to be opened in them at an earlier date. In the Laptev Sea (near the Novosibirsk Islands) and in the East Siberian Sea, the intensity of insolation of their ice cover decreases in the spring and summer months. They are likely to further complicate ice conditions and reduce visibility.

Keywords: The Northern Sea Route, navigation safety, ice cover, total solar radiation, cosmic rays, the North Magnetic Pole.

Введение

Межгодовые изменения ледовых условий и видимости на водных путях в Арктике и Антарктике оказывают существенное влияние на безопасность осуществляемого по ним судоходства. Поэтому развитие существующих представлений о факторах, которые оказывают на них значимое влияние, является актуальной проблемой океанографии и навигации.

Наибольший интерес ее решение представляет для водных путей Арктики с повышенным трафиком движения судов. Важнейшим среди них является Северный Морской путь (далее СМП), пролегающий через принадлежащие России моря: Карское, Лаптевых, Восточносибирское и Чукотское, от мыса Желания (остров Северный архипелага Новая Земля) до мыса Дежнева (полуостров Чукотка) [1].

СМП – кратчайший водный путь между портами северной части Атлантического океана и северной части Тихого океана, схема которого, согласно [16], показана на рис 1.

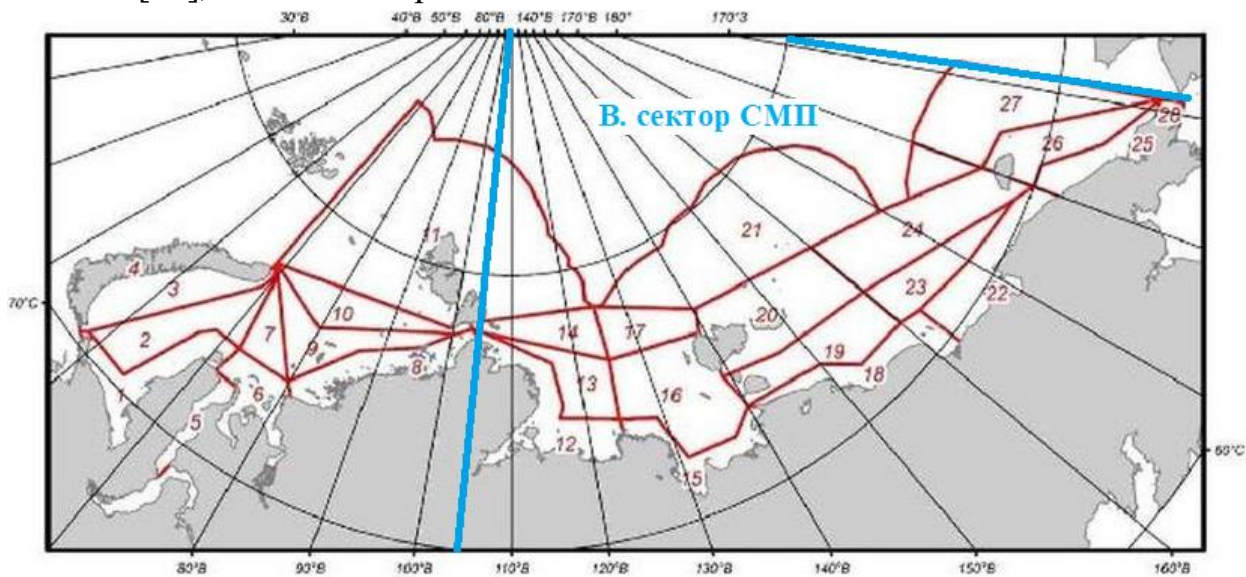


Рисунок1 – Схема Восточного сектора СМП

По СМП Россией осуществляется не только Северный завоз, обеспечивающий жизнедеятельность населения и функционирование экономики всех ее северных территорий, но и международные перевозки (прежде всего нефти, нефтепродуктов и сжиженного природного газа, добытых на месторождениях Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого Автономного округа) [14, 17].

В связи с изменениями международной обстановки, западные рынки сбыта российских углеводородов практически ликвидированы. Поэтому, главным направлением экспорта указанных товаров становится восточное, на котором ледовые и гидрометеорологические условия сложнее, но надежные порты укрытия и аварийно-спасательная инфраструктура отсутствуют.

Наиболее сложными являются ледовые условия на участках маршрутов СМП, расположенных в морях Карском, Лаптевых и Восточносибирском. В результате этого круглогодичная навигация ныне осуществляется лишь в Западном секторе СМП (Карское море). Распределения морских транспортных потоков по акватории СМП показаны на рис. 2.

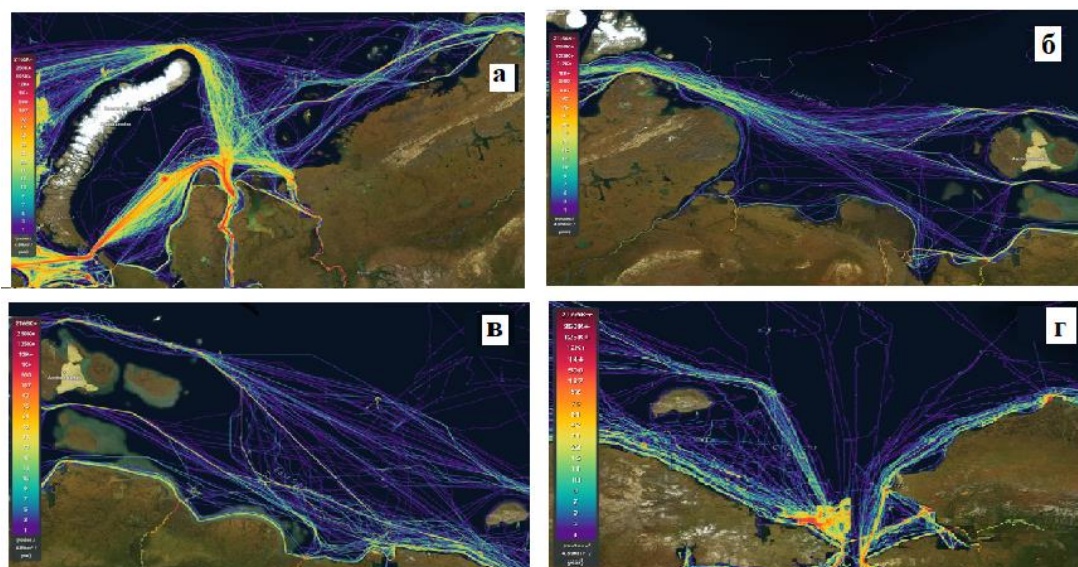


Рисунок 2 – Распределения плотности морских транспортных потоков по акватории СМП: а) Карское море; б) море Лаптевых; в) Восточносибирское море; г) Чукотское море.

Как следует из [11] и видно из рисунка 2, наиболее сложные ледовые условия на СМП характерны для районов 10, 14 (Североземельский ледовый массив и пролив Вилькицкого), а также для районов 16, 17, 19, 20 (прибрежные акватории и проливы архипелага Новосибирские острова).

Ледовые условия в этих районах определяют сроки открытия навигации через Восточный сектор СМП, которые ныне приходятся на середину июля.

В Западном секторе СМП (Карское море) круглогодичную навигацию ныне осуществляют танкера - газовозы ледового класса Arc-7, работающие на маршруте п. Сабетта – мыс Желания. В зимне-весенние месяцы проводку судов осуществляют мощные (в том числе атомные) ледоколы. В летне-осенние месяцы здесь популярен также маршрут п. Сабетта – пролив Карские ворота.

Плотность морских транспортных потоков в морях Восточного сектора СМП ныне сравнительно не велика. Тем не менее, ее значительное увеличение в ближайшие годы предусмотрено Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года № 3363-р, а также Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года, утвержденной указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 года № 645.

Следовательно, решение рассматриваемой проблемы для различных районов акватории СМП представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Основой существующих представлений о факторах, вызывающих изменения ледовых условий на акватории СМП посвящены работы многих

отечественных ученых (Алексеев, Гудкович, Думанская, Карелин-Каркалин, Миронов, Фролов). Ими установлено, что к числу значимых факторов динамики ледовых условий в рассматриваемом регионе Арктики относится происходящее в нем потепление его климата.

В месяцы с марта по октябрь существенное влияние на динамику этого процесса, наряду с его глобальными факторами, могут оказывать также изменения месячных потоков поступающей в изучаемый регион суммарной солнечной радиации (далее ПСР), которая является главным источником энергии, потребляемой при таянии арктических льдов.

Причинами таких изменений могут служить вариации среднемесячной высоты Солнца над горизонтом, продолжительности светлого времени суток, а также оптической плотности облачности. Последняя, определяется температурой и влажностью воздуха соответствующих слоев атмосферы, а также концентрацией в нем атмосферных ядер конденсации [9]. Наиболее активными атмосферными ядрами конденсации являются образовавшиеся в воздухе ионы [10].

К числу наиболее мощных факторов, способных вызывать изменения их концентрации в воздухе над различными регионами Арктики, относятся вариации потоков входящих в атмосферу над ними космических лучей (далее ПКЛ) [2].

Космические лучи образованы в основном протонами с энергиями, достигающими 1016 эВ, возникшими при астрофизических процессах, протекающих за пределами Солнечной системы. Частицы с такими энергиями могут возникать также при наиболее мощных (протонных) вспышках на Солнце. Изменения ПКЛ, достигающих магнитосферы Земли, вследствие Форбуш-эффекта, значимо и отрицательно коррелированы с вариациями солнечной активности [2].

При входе космических лучей в земную атмосферу возникают ливни вторичных частиц, (протонов, нейтронов, π - и μ - мезонов, электронов и позитронов), а также γ - излучения. Эти ливни проникают в тропосферу, нагревают и ионизируют ее воздух, а также достигают земной поверхности и способны ионизировать ткани в организмах людей, а также других живых существ [6].

Если воздух, в котором произошла ионизация, является достаточно влажным, в нем активизируется конденсация. В таком воздухе увеличивается оптическая плотность облачности и туманов, а ПСР уменьшается [2]. Такое наиболее характерно для воздуха над регионами Мирового океана, акватории которых в рассматриваемом месяце свободны от ледяного покрова, а также заприпайными полыньями [7].

Если присутствующий в воздухе водяной пар далек от насыщения, ионизация такого воздуха конденсации не вызывает, а его нагревание повышает

интенсивность испарения. В таком воздухе при увеличении ПКЛ оптическая плотность облачности снижается, а ПСР, поступающей на находящиеся под ним участки земной поверхности, возрастает. Подобное наиболее характерно для акваторий, покрытых льдом.

Чем больше ПКЛ и суммарная энергия протонов, входящих за единицу времени в атмосферу над рассматриваемым участком земной поверхности, тем больше суммарные потоки поступающего на него γ -излучения, и вторичных частиц, тем сильнее их влияние на облачность и туманы, а также ПСР и ледяной покров.

Преградой на пути в земную атмосферу частиц космических лучей, служит геомагнитное поле. Ее способны преодолевать лишь частицы, энергия которых превышает пороговый уровень, зависящий от магнитной широты рассматриваемого участка земной поверхности.

С увеличением магнитной широты (ϕ) этот уровень уменьшается ($\sim \cos^4(\phi)$). При этом амплитуда межгодовых изменений ПКЛ, соответствующих такому участку, многократно возрастает. Над Магнитными полюсами нашей планеты любые заряженные частицы проникают в атмосферу беспрепятственно, а амплитуда колебаний ПКЛ максимальна.

Следовательно, интенсивность влияния на оптическую плотность облачности изменений ПКЛ, проявляющиеся на различных участках акватории СМП, значимо зависят от удаления этих участков от Северного Магнитного полюса (далее Полюс). Расположение Полюса впервые было определено Джеймсом Россом в 1831 г. В указанное время Полюс находился на мысу Аделаида (полуостров Бутия, Канадский Арктический архипелаг). В дальнейшем было установлено, что координаты Полюса с течением времени изменяются. Начиная с 1900 года, он ускоренно перемещался в сторону полуострова Таймыр (АТР) и к 2024 г. преодолел уже почти 2400 км.

Если в начале XX века Полюс за год приближался к берегам России на десятки-сотни метров, то в период 2000-2017 гг. его средняя скорость увеличилась до 55 км/год. В период с 2018 по 2024 гг., по оценкам ученых Британской геологической службы (BGS), скорость движения Полюса впервые с начала XX века несколько уменьшилась.

Траектория, по которой Полюс перемещался в период 1900-2020 гг. показана на рис. 3. Как видно из рис. 3, в период 1900-2020 гг. Полюс перемещался в направлении полуострова Таймыр практически прямолинейно и уже практически достиг акватории СМП.

За период 2000-2020 гг. Полюс преодолел путь, практически равный расстоянию, которое отделяло его в 2020 году от ближайшего участка побережья

России. Следовательно, вполне вероятно, что такой же путь будет им пройден к 2040 году, а возможно и ранее.

Процессы в земном ядре, приводящие к образованию геомагнитного поля, и смещению Полюса, весьма инерционны [20], вследствие чего, с высокой вероятностью, в ближайшие десятилетия характер его движения существенно не изменится. Поэтому допустимо предположить, что на акватории СМП существуют участки, где в некоторые месяцы периода 2000 - 2024гг. в межгодовых изменениях ПСР проявлялись значимые тенденции к их увеличению.

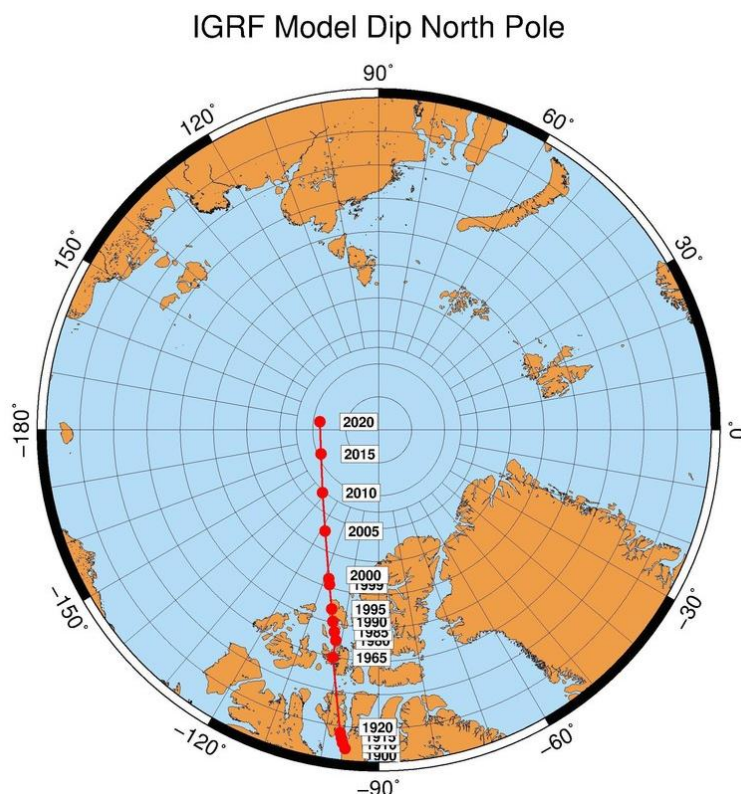


Рисунок 3 – Траектория Полюса в период 1900-2020 гг.

Целью данной работы являлась проверка ее справедливости и определение участков акватории СМП, где в том или ином месяце периода 2000-2024 г.г. ПСР значимо возрастала.

Фактический материал и методика исследования

При решении указанных задач, как фактический материал об изменениях ПСР использована информация реанализа ERA5 [33], которая получена с применением математических моделей IMERG.

При верификации упомянутых моделей учитывались результаты как наземных, так и спутниковых наблюдений за изменениями потоков солнечной радиацией, которые ассимилировались и обрабатывались с использованием цикла 41r2 Интегрированной системы прогнозирования (IFS).

Реанализ ERA-5 поддерживается Европейским центром среднесрочных прогнозов и продуцируется службой по изменению климата Copernicus. Представленная в нем информация описывает изменения часовых потоков суммарной солнечной радиации, поступающие в пункты земной поверхности, соответствующие узлам координатной сетки Меркатора с шагом 0,25°. Она соответствует периоду с 0 часов 1.01.1940 по настоящее время.

При выборочном тестировании результатов упомянутого реанализа использованы сведения об изменениях ПСР в период 2000-2023гг, которая поступала в некоторые пункты на территории Сибири, полученные из Базы данных РСБД. Тестирование подтвердило допустимость использования информации указанного реанализа для достижения выбранной цели.

Методика исследования предполагала формирование из результатов реанализа ERA5 временных рядов, состоящих из среднемесячных значений ПСР, которые соответствуют каждому месяцу и каждому узлу его координатной сетки, расположенному в пределах акватории СМП. По этим рядам оценены тенденции, характерные для их межгодовых изменений за период 2000-2024гг. Как показатель тенденции каждого изучаемого процесса, рассматривалось значение углового коэффициента линейного тренда соответствующего временного ряда (далее УКЛТ), оцененное за рассматриваемый период времени длиной 25 лет.

Тенденция с достоверностью не ниже 95% признавалась значимой, если выполнялось условие:

$$25 \cdot \text{УКЛТ} > 1,65 \cdot \text{СКО} \quad (1)$$

где СКО – среднеквадратическое отклонение разности членов изучаемого временного ряда и соответствующих по времени значений его линейного тренда, которое полагалось нормальной случайной величиной.

Как следует из изложенного, предположение о нормальности закона распределения разности членов изучаемого временного ряда, а также соответствующих им по времени значений его линейного тренда не проверялось. Поэтому результаты, полученные с применением изложенной методики, следует рассматривать как носящие качественный характер

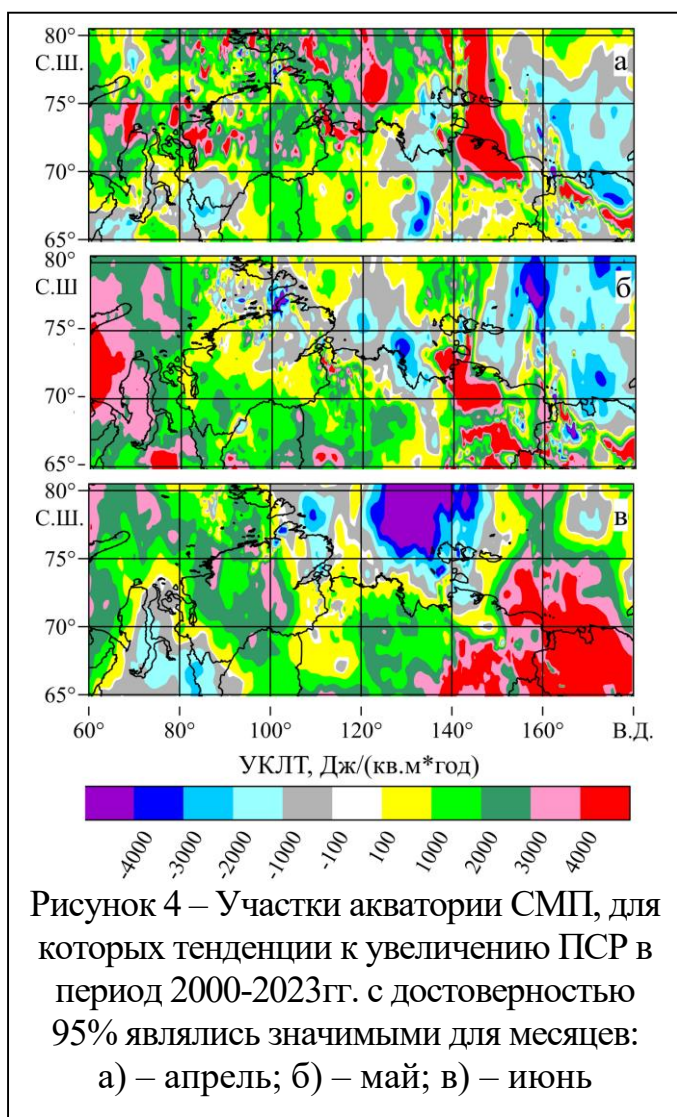
Результаты исследования и их анализ

Установлено, что участки акватории СМП, для которых тенденции к увеличению ПСР в период 2000-2023гг. с достоверностью 95% являлись значимыми, характерны лишь для месяцев апрель – сентябрь.

На рис.4 показаны участки, на которых в изменениях ПСР за указанный период выявлены значимые тренды, соответствующие месяцам апрель – июнь.

Как видно из рисунка 4а, в 2000-2023 гг. на акватории СМП существовали участки, где за рассматриваемый период в межгодовых изменениях ПСР для апреля имели место значимые тенденции, как к их увеличению, так и к их уменьшению.

Значимое снижение ПСР выявлено для районов Карского моря, расположенных к северо-востоку от мыса Желания, а также в западной части пролива Вилькицкого. Для моря Лаптевых такие районы занимали всю его южную и восточную часть, включая акваторию пролива Санникова. Для Восточносибирского моря рассматриваемые районы занимали всю его восточную часть. Значимое снижение ПСР произошло также на акватории Чукотского моря.



Как видим, снижение ПСР имело место над районами, в которые либо поступал влажный воздух Тихого океана, либо существовали обширные заприпайные поyny [7], вследствие чего ионизация воздуха космическими лучами повышала интенсивность происходящей в нем конденсации и оптическую плотность облачности, а также туманов.

Значимое увеличение ПСР для апреля происходило над прочими районами СМП, акватории которых покрыты сплоченным ледяным покровом и располагались в области влияния Арктического и Сибирского антициклонов.

Рисунок 4б показывает, что для мая расположение участков акватории СМП, где в 2000-2024 гг. преобладали значимые тенденции к снижению и к

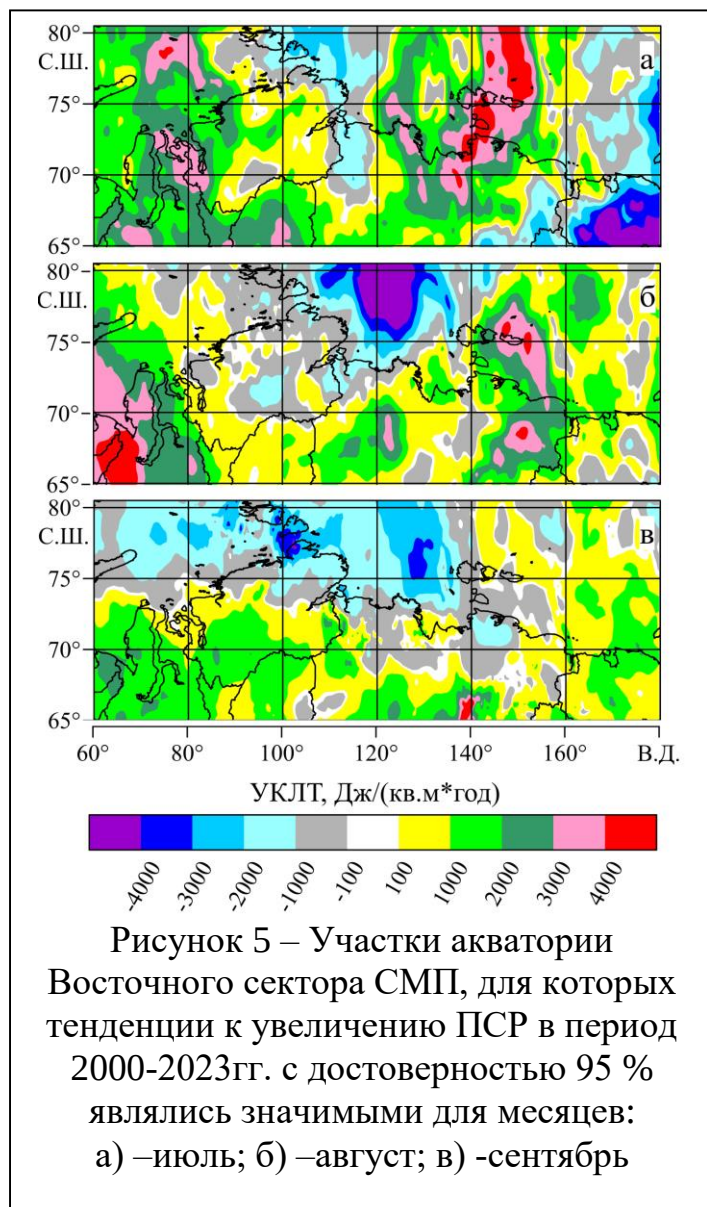
увеличению ПСР, практически аналогично имевшему место для апреля. При этом в мае область, где, за те же годы, произошло значимое снижение ПСР, выявлена также в районе моря Лаптевых, находящемся к востоку от входа в пролив Вилькицкого.

Из рисунка 4в следует, что для июня в восточной части моря Лаптевых значительно увеличилась область, в которой снижение ПСР за рассматриваемые

годы происходило с максимальной скоростью. Здесь не только усложнились ледовые условия, но возросла повторяемость плотных туманов.

В Восточносибирском и Чукотском море размеры таких областей несколько уменьшились, в то время как площади областей, где ПСР значительно увеличивалась, существенно возросли, что привело к ускоренному таянию ледяного покрова и освобождению от него Прибрежного маршрута СМП.

На рис. 5 показаны участки акватории Восточного сектора СМП, для которых тенденции к увеличению ПСР для месяцев июль- сентябрь в период 2000-2023гг. с достоверностью 95% являлись значимыми.



Как следует из рис. 5а, за период 2000-2024 гг. значимое снижение ПСР для июля зафиксировано в западной части моря Лаптевых и проливе Вилькицкого, а также в восточной части Восточносибирского моря и Чукотском море.

Наиболее быстрое увеличение ПСР для июля за те же годы имело место в районе Новосибирских островов, что приводило к освобождению от ледяного покрова проходящих через него водных путей. Значимо возрастали также ПСР, поступающие на акваторию восточной части моря Лаптевых, через которую распространяются теплые воды реки Лены.

Из рис. 5б понятно, что для августа характерно значимое снижение ПСР, которая поступает почти на всю акваторию моря Лаптевых (кроме его южной

части). Наиболее быстрое и значимое увеличение ПСР за 2000-2024гг зафиксировано на акваториях западных частей Карского и Восточносибирского моря.

Рисунок 5в свидетельствует о том, что для сентября значимое уменьшение ПСР выявлено на всей акватории морей Карского и Лаптевых (кроме районов 1

и 15, а также залива Обская губа). Значимые тенденции к увеличению ПСР зафиксированы лишь на акватории восточной части Восточносибирского, а также Чукотского моря. Аналогичные исследования для месяцев октябрь, ноябрь, а также январь-март показали, что на преобладающей части акватории СМП, соответствующие им ПСР либо значительно убывают, либо тенденции их межгодовых изменений не являются значимыми.

Выявленное расположение районов акватории СМП, в которых за 2000-2024гг. произошло значимое снижение ПСР, соответствует представлениям [26] о вероятных последствиях приближения к ней Полюса. В любые месяцы значимое снижение ПСР зафиксировано на акватории районов моря Лаптевых, к которым Полюс приближается с наибольшей скоростью. Наибольшее усложнение ледовых условий и ухудшение видимости за рассматриваемый период здесь произошло в районе Новосибирских островов.

На рис.6 показаны зависимости от времени средних по акватории СМП значений ПСР, соответствующих месяцам апрель-сентябрь.

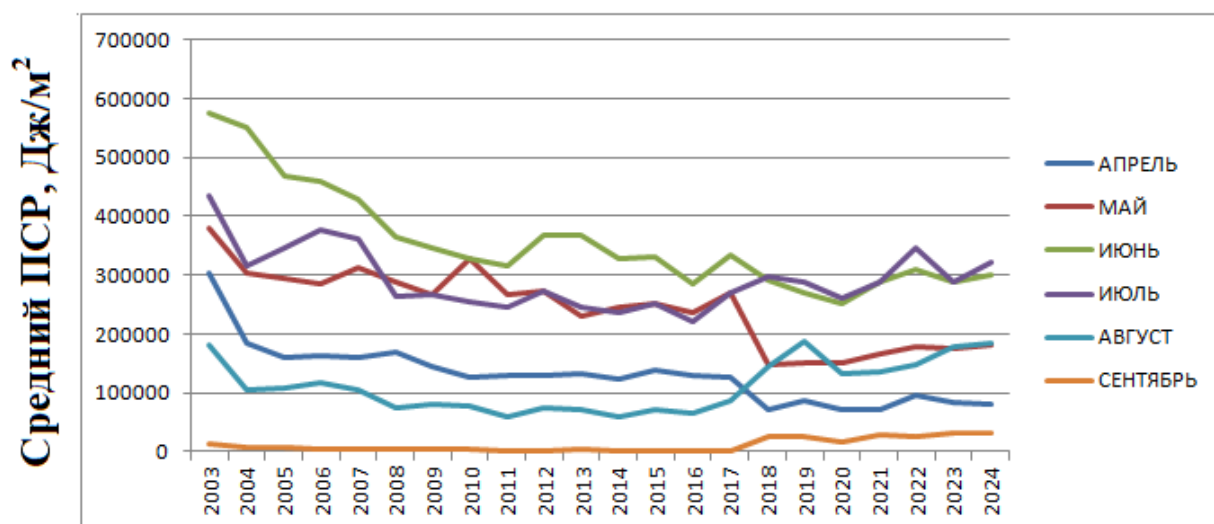


Рисунок 6 – Зависимости от времени средних по акватории СМП значений ПСР

Как видно из рис. 6, средние значения ПСР, для месяцев апрель-июнь, вычисленные по всей акватории СМП, в период 2003-2024 г.г. снижались, однако для июля –сентября они снижались лишь до 2016 года, а в дальнейшем увеличивались.

Чем меньше среднее значение ПСР, поступающей на акваторию СМП, тем больше тепла выделяется при ее поглощении свободной водной поверхностью, а также в полыньях и разводьях и быстрее тает морской лед. Снижение ПСР приводит к замедлению темпов таяния ледяного покрова.

Следовательно, полученный результат объясняет увеличение в те же годы суммарной площади и объема ледяного покрова Российского сектора Арктики, которое выявлено в [25].

Таким образом, справедливость выдвинутой гипотезы подтверждена, а цель исследования достигнута

Обсуждение полученных результатов

Как следует из полученных результатов, они в полной мере соответствуют представлениям [26] об особенностях изменений ПСР, поступающей на любые участки акватории СМП, которые обусловлены приближением к ним Полюса, а также влиянии этого процесса на вариации характеристик их ледяного покрова и климата [29]. При этом некоторые из выявленных фактов обладают существенной научной новизной. К ним относятся:

Районами акватории СМП, где в месяцы апрель-июнь, а также август-сентябрь, относящиеся к периоду 2000-2024 гг., происходило значимое снижение ПСР, являются 16, 17 (восточная часть моря Лаптевых). Для месяцев май-сентябрь аналогичное явление произошло над проливом Вилькицкого и прилегающими к нему районами западной части моря Лаптевых.

Для всех месяцев с апреля по сентябрь средние значения ПСР, поступающей на всю акваторию СМП, в период 2003-2017 гг. значительно снижались. В последовавшие годы для месяцев апрель-июнь снижение этих показателей продолжилось, а для месяцев июль-сентябрь началось их увеличение.

Одной из возможных причин потепления климата Российской Арктики, способствующего повышению безопасности осуществляемого здесь судоходства, является приближение Полюса к акватории СМП.

Выводы

Таким образом, установлено:

1. На многих участках акватории Северного морского пути значимый вклад в потепление их местного климата внесло увеличение месячных потоков суммарной солнечной радиации, обусловленное приближением к ним Северного Магнитного полюса.

2. Выявлены также обширные ее участки, где в 2000-2023гг. то же явление приводило к значимому уменьшению месячных потоков поступающей на них суммарной солнечной радиации.

3. Наибольшее количество таких участков в любые месяцы приходится на море Лаптевых, что привело в период 2017-2024 гг. к усложнению характерных для него навигационных условий (повышение ледовитости в сочетании с уменьшением видимости).

4. В апреле и мае суммарная площадь участков, где интенсивность инсоляции снижается, максимальна в Восточносибирском море, а в Карском море ее значения повышены лишь для сентября.

5. Дальнейшее перемещение Полюса по той же траектории приведет к развитию выявленных тенденций межгодовых изменений потоков суммарной солнечной радиации, которые поступают на различные участки акватории Северного морского пути, что усложнит судоходство в море Лаптевых, а в прочих арктических морях России будет способствовать снижению навигационных рисков.

Библиографический список

1. Aksenov Y., Popova E.E., Yool A., Nurser A. G., Williams T. D., Bertino L., Bergh J. On the Future Navigability of Arctic Sea Routes: High-resolution Projections of the Arctic Ocean and Sea Ice // Marine Policy. 2017. Vol. 75. Pp. 300–317.
2. Веретененко С.В. Эффекты Форбуш-понижений галактических космических лучей в вариациях общей облачности/ С.В. Веретененко, М.И. Пудовкин// Геомагнетизм и аэрономия. – 1996. – Т. 36. – №1. – С. 153-156.
3. Голенков А.Е., Охлопков В.П., Свиржевская А.К., Свиржевский Н.С., Стожков Ю.И. Планетарное распределение интенсивности космических лучей по измерениям в стратосфере. Труды ФИАН. М.: Наука, 1980, Т. 122. – С. 3-14.
4. Гудкович З.М., Кириллов А.А., Ковалев Е.Г., Сметанникова А.В., Спичкин В.А. 1972. Основы долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей. Л.: Гидрометеиздат. – 348 с.
5. Думанская И. О. Ледовые условия морей азиатской части России. – М.; Обнинск: ИГ – СОЦИН. – 2017. – 640 с.
6. Ермаков В.И., Стожков Ю.И. Космические лучи в механизме образования грозовых облаков// Краткие сообщения по физике ФИАН. 2003. – №1. – с.23-35.
7. Карелин И.Д., Карклин В.П. Припай и заприпайные полыньи арктических морей сибирского шельфа в конце XX–начале XXI века. СПб.: ААНИИ, 2012. С. 180.
8. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики. //Арктика: экология и экономика. – 2012. – № 2 (6). – С. 66-79.
9. Матвеев Л. Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. – 2-е изд. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 751 с.
10. Маурчев Е.А., Балабин Ю.В. Германенко А.В. и др. Расчет скорости ионизации во время события GLE с использованием глобальной модели атмосферы Земли и оценка вклада в этот процесс частиц галактических космических лучей с $Z > 2$ // Известия РАН. Серия физическая, 2021, – Т.85, № 3. – С. 388-392.
11. Миронов Е.У., Фролов С.В. Влияние морского льда на судоходство и классификация опасных ледовых явлений // Опасные ледовые явления для судоходства в Арктике / Под ред. Е.У. Миронова. – СПб.: ААНИИ, – 2010. – С. 12–32.

12. Миронов Е.У., Гудкович З.М., Карклин В.П. Моря Евразийского шельфа // Научные исследования в Арктике. Том 3. Дистанционное зондирование морских льдов на Северном морском пути: изучение и применение (под ред О.М. Йоханессен и др.), СПб: Наука. – С. 44–64.

13. Моря Российской Арктики в современных климатических условиях / под ред. И.М. Ашика. Изд. ААНИИ. – 2021. – 360 с.

14. Павленко В.И., Арктическая зона Российской Федерации в системе обеспечения национальных интересов страны // Арктика: экология и экономика № 4 (12), – 2013. – С.16-25.

15. Плисецкий, Е. Е. Приоритеты развития Северного морского пути в стратегическом управлении и планировании / Е.Е. Плисецкий //Арктика и Север. – 2016. – № 22. – С. 101-111.

16. Постановление Правительства РФ от 18.09.2020 №1487 (ред. От 31.01.2024) «Об утверждении Правил плавания в акватории Северного морского пути». Приложение №3 Районы акватории Северного морского пути [Электронный ресурс].Режим доступа: https://sudact.ru/law/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-18092020-n-1487/pravila-plavaniia-v-akvatorii-severnogo/prilozhenie-n-3/i_1/

17. Прищепа О.М. Перспективы дальнейшего изучения и освоения углеводородного потенциала арктического шельфа Российской Федерации / О. М. Прищепа, Ю. В. Нефедов, Г. А. Григорьев // Научный журнал Российского газового общества. – 2019. – № 3/4. – С. 5–20.

18. Пудовкин М.И. Теория пересоединения и взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли / М. И. Пудовкин, В. С. Семенов; Отв. ред. Н. А. Цыганенко. – М.: Наука, 1985. – 126 с.

19. Распопов О. М., Веретененко С. В. Солнечная активность и космические лучи: влияние на облачность и процессы в нижней атмосфере (памяти и к 75-летию М. И. Пудовкина) // Геомагнетизм и аэрономия. 2009. Т. 49, № 2. – С. 147–155.

20. Решетняк М.Ю. Модели геодинамо // Изв. вузов. Радиофизика. 2018. Т. 61, № 8-9. – С. 605–613.

21. Роджерс П.Р. “Краткий курс физики облаков”. Перевод с англ. Сергеева Б.Н. Л.: 1979. – 223 с.

22. Стожков Ю.И., Махмутов В.С., Свиржевский Н.С. Исследования комических лучей на баллонах в Физическом институте имени П.Н. Лебедева РАН//Успехи физических наук. – 2022. – Т. 192. – № 9. – С. 1054-1063.

23. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научные технологии, 2022. – 124 с.

24. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Ковалев Е.Г., Смоляницкий В.М. 2007. Климатические изменения ледяного покрова морей Евразийского шельфа. Научные исследования в Арктике. Т. 2. СПб: ААНИИ. – 136 с.
25. Холопцев А.В., Подпорин С.А. Меридиональные составляющие атмосферной циркуляции и ледяной покров Арктики. – Метеорология и гидрология, 2021, № 6., – С. 34–42.
26. Холопцев А.В., Шубкин Р.Г., Седов Д.В. Межгодовые изменения потоков суммарной солнечной радиации, поступающей в месяцы пожароопасного сезона на территории и акватории Арктики и смещение Северного Геомагнитного полюса. – труды 10-й Международной научной конференции-школы молодых ученых "Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах". Москва. – 23-25 октября 2024. – ИПМех РАН.
27. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. Гидрометеорологическое издательство, Ленинград, 1969 г. – 644 с.
28. 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.
29. Алексеев Г.В. Проявление и усиление глобального потепления в Арктике // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2015. Т. 1. – С. 11–26.
30. Climate Change: The Physical Science Basis. (2013) <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/lncs>, last accessed 2016/11/21.
31. Erlykin A.D. Cosmic ray effects on cloud cover and their relevance to climate change/ A.D. Erlykin, A.W. Wolfendale//J. Atmos. Sol.-Terr. Phys. – 2011. – v. 77. – P. 1681-1686.
32. Forster P. M. Indicators of Global Climate Change 2023: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence / P. M. Forster, C. Smith, T. Walsh, [et al.] // Earth Systems Science Data. – 2024. – Vol. 16(6). – 2625–2658. DOI: 10.5194/essd-16-2625-2024.
33. 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.
34. Jones. Chris A. Planetary Magnetic Fields and Fluid Dynamos (англ.) // Annual Review of Fluid Mechanics[англ.]. – Annual Reviews, 2011. – Vol. 43. – P. 583–614.
35. Marine Traffic – глобальная карта морских судопотоков [Электронный ресурс]. Режим доступа: –URL: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/> (дата обращения 20.08.2024).

ВЛИЯНИЕ ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ РЕГИОНА

Цыганов Александр Сергеевич

доцент

E-mail: tsyhanov72@mail.ru

Конева Светлана Андреевна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: ksa2602@mail.ru

Цалоев Владимир Муратович

доцент

E-mail: 1._@mail.ru

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

IMPACT OF PORT INFRASTRUCTURE ON THE DEVELOPMENT OF TRANSPORT LOGISTICS IN THE REGION

Tsyganov Alexander

Associate Professor

Koneva Svetlana

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Tsaloev Vladimir

Associate Professor

Federal State Educational Institution

of Higher Education "Sevastopol State University"

Universitetskaya st., 33, Sevastopol, 299053

АННОТАЦИЯ. Изучены организационный и технологический опыт по созданию узла логистики в регионе с учетом потребностей транспортных перевозок. Рассмотрен процесс формирования, строительства и развития нового международного порта республики Молдова на полученном от другой страны участке берега реки, которая имеет непосредственный выход к морю. Показана роль портовой инфраструктуры и транспортной логистики в развитии морской деятельности государства и региона в целом. Проведен анализ показателей объема перевалки грузов, определены основные направления и перспективы развития порта.

Ключевые слова: региональный узел логистики, международный свободный порт, Джурджулешты, свободная экономическая зона, портовая инфраструктура, терминалы порта, смешанная ширококолейная и узкоколейная железная дорога.

ABSTRACT. The organizational and technological experience in creating a logistics hub in the region, taking into account the needs of transport carriers, has been studied. The process

of formation, construction and development of a new international port of the Republic of Moldova on a section of the river bank received from another country, which has direct access to the sea, is considered. The role of port infrastructure and transport logistics in the development of maritime activities of the state and the region as a whole is shown. The analysis of cargo transshipment volume indicators was carried out, the main directions and prospects for the development of the port were determined.

Key words: regional logistics hub, international free port, Giurgiulesti, free economic zone, port infrastructure, port terminals, mixed broad-gauge and narrow-gauge railway.

Введение

После распада Советского Союза новая страна Молдова, бывшая ранее сухопутной Молдавской Советской Социалистической Республикой, стала морским государством, у которого появились своя портовая инфраструктура и свой торговый флот.

Необходимо отметить, что в соответствии с Указом Президиума Верховного Совета СССР от 04 ноября 1940 г. были установлены границы между Молдавской и Украинской ССР, в том числе отмечен конечный населенный пункт для разграничения территорий двух республик «Джурджулешты, ...в составе Молдавской ССР, и далее граница доходит до реки Прут» [1]. При этом река Дунай в вышеуказанном документе вообще не упоминается. Соответственно, Молдавская ССР во времена Советского Союза непосредственно к берегу Дуная выхода не имела. Однако уже во второй половине 90-х гг. (1996–1998) независимое государство Молдова по соглашению между странами получило от Украины небольшой участок территории (не более 500 м длиной) на берегу Дуная для создания портовой инфраструктуры в обмен на передачу последней участка автомобильной дороги, проходящей по территории Молдовы. В результате активного использования полученной береговой линии по реке Дунай Молдова в 2006 г. создала собственный международный порт Джурджулешты (Джурджулешть), что позволило ей осуществлять перевалку различных грузов и интенсивно развивать транспортную логику в регионе [2].

Создание международного порта Джурджулешты является удачным примером развития морского потенциала независимого государства, даже небольшого по своим размерам, что является крайне необходимым для устойчивого социально-экономического развития государства [3].

Материалы исследования

После выполнения договоренностей с Украиной о передаче территорий были проведены определенные строительные работы на полученном участке берега реки Дунай, а также на участке молдавского берега реки Прут. Данный порт расположен вблизи населенного пункта Джурджулешты на расстоянии более 133 км (72 морские мили) от Черного моря в месте впадения реки Прут в Дунай. Прохождение морских судов из Черного моря и обратно осуществляется

по реке Дунай через каналы (гирла) Сулина (Румыния) и Быстрое (Украина) по морскому участку вплоть до порта Джурджулешты в соответствии с Морским регламентом администрации Румынии морского Дуная (AFDJ). Причалы терминалов порта на реке Дунай имеют минимальную глубину – 7 м, а на реке Прут – 5 м, что позволяет заходить в порт как речным, так и морским судам. Необходимо отметить, что согласно Стратегии Евросоюза по развитию транспорта, Дунай является ключевым связующим транспортным коридором Трансевропейской транспортной сети регионов Западной, Центральной и Восточной Европы с Черным и Северным морями, а доля только дунайского судоходства в общем объеме перевозок по внутренним водным путям Европы составляет более 10 % [2]. Так, например, маршрут международного транспортного коридора № 7 проходит по Дунаю от Черного моря до Германии и в дальнейшем по каналам через реки Рейн и Майн соединен с Северным морем [4]. Указанный порт является региональным узлом логистики на границах стран ЕС и СНГ с удобным доступом к автомобильным дорогам, ширококолейной и узкоколейной железным дорогам, рекам и морям (Черному, Средиземному, Каспийскому и др.). Что касается воздушного транспорта, то примерно на равноудаленном расстоянии от рассматриваемого порта (до 250 км) находятся три международных аэропорта (Кишинев, Бухарест и Одесса).

Порт Джурджулешты был образован в 2006 г. и является единственным портом Республики Молдова с выходом к Черному морю. Его официальное название – Международный свободный порт Джурджулешты (МСПД) [5]. Строительство отдельных элементов портовой инфраструктуры МСПД началось еще с середины 90-х гг. прошлого века. К настоящему времени инфраструктура международного порта объединяет следующие элементы: терминал нефтепродуктов, терминал насыпных грузов, контейнерный терминал и терминал общих грузов, терминал RORO, зерновой терминал, терминал для перевалки растительного масла и терминал со смешанной железнодорожной колеей. Портовая инфраструктура располагается в непосредственной близости (менее 500 м) от границы Молдавии с Румынией и Украиной. Размещение портовой инфраструктуры на территории МСПД представлено на рисунке 1.

Первым был построен терминал нефтепродуктов, в составе которого имеются причал на реке Дунай и резервуарный парк. Топливные резервуары и автозагрузочная станция терминала были построены еще в конце 90-х гг., однако с 2012 г., после постройки совмещенной (широко- и узкоколейной) железной дороги, появилась возможность производить погрузку нефтепродуктов в железнодорожные вагоны, используя станцию по перевалке нефтепродуктов. Резервуарный парк содержит резервуары для хранения дизельного топлива, бензина и других легких нефтепродуктов общим объемом более 60 тыс. м³ [5].

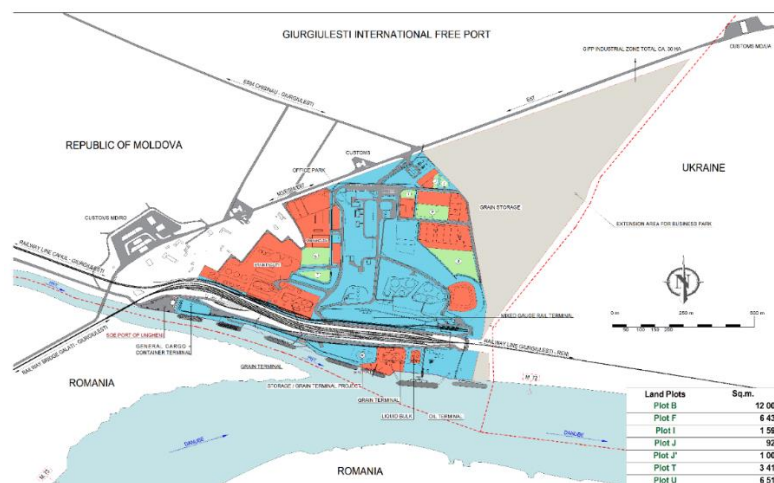


Рисунок 1 – Портовая инфраструктура Международного свободного порта Джурджулешты

Терминал насыпных грузов, расположенный на реке Прут, в основном используется для перевалки угля, нефтяного кокса и щебня с судов в железнодорожные вагоны, автомобильный транспорт или на открытое хранилище. Контейнерный терминал и терминал общих грузов введены в строй в 2012 г. и имеют прямой доступ к железной дороге. Терминалы используют открытую площадку для хранения площадью 2 га, 70-тонный мобильный портовый кран Sennebogen, погрузчики Kalmar и грузоподъемники. Также рядом с контейнерным терминалом и терминалом общих грузов оборудована рампа RORO [5].

Построенный в 2009 г. зерновой терминал порта вместимостью более 50 тыс. т способен принять до 3 тыс. т в день, используя железнодорожный и автомобильный транспорт. Одновременно с этим посредством двух причалов зернового терминала возможна загрузка судов вместимостью 7 тыс. т, со скоростью 800 т/ч.

Также в порту имеется терминал для перевалки растительного масла вместимостью 6 тыс. т., который может принимать суда грузоподъемностью 10 тыс. т. Он начал работу в ноябре 2011 г. [5]. Общая пропускная способность терминалов для перевалки растительного масла и зерновых составляет более 6 млн. т. в год [6].

С 2014 г. особенностью порта является наличие железнодорожного терминала со смешанной (совмещенной) железнодорожной колеей. Железнодорожным терминалом обеспечивается перевалка как жидких грузов, так и контейнеров с последующей перевозкой товаров по ширококолейной и узкоколейной железным дорогам в страны СНГ и ЕС. Так, посредством ширококолейной железной дороги грузы перевозятся по территории Молдовы и далее через территорию Украины в Россию и другие страны СНГ. По узкоколейной железной дороге перевозка грузов осуществляется через

территорию Румынии в страны ЕС. На ближайшую временную перспективу объемы перевозок грузов в регионе и мире в целом стабильно увеличиваются, в связи с чем, результативность работы портов в значительной степени будет обусловлена эффективной работой железнодорожного транспорта [7]. Порт также имеет пассажирский терминал, который расположен в устье Прута, в нескольких сотнях метрах выше по течению.

По итогам 2023 г. объем перевалки грузов через МСПД увеличился почти на 20 % – с 1,83 млн т до 2,17 млн т в 2022 г. Общее число переваленных контейнеров достигло исторического максимума – 8 460 ед. Высокий рост показателя перевалки грузов (на 55 %) реализован в основном за счет роста перевалки зерна, достигнув 889 тыс. т, что составило 41 % от общего объема грузов. Кроме этого, показатель экспорта растительного масла увеличился на 26 % по сравнению с 2022 г., составив 248 тыс. тонн. Также повысился импорт удобрений навалом (сухие и жидкие) и в биг-бэгах на 48 %, достигнув 119 тыс. т. Остальные показатели (перевалка нефтепродуктов, строительных материалов), увеличились незначительно – на 4–10 %. При этом, следует учитывать, что объемы переваленных грузов в 2023 г. включали часть грузов для/из Украины после окончания действия так называемой «зерновой сделки» в Черном море. Значительный рост перевалки зерна является в основном результатом инвестиций в новые зернохранилища МСПД и в приобретение новой техники, в том числе высокопроизводительных перегружателей. В настоящее время проводится подготовка к строительству нового универсального причала с целью увеличения перевалочных мощностей для сухогрузов и контейнеров на 600 тыс. т в год. Кроме того, за 2022–2023 гг. увеличен штат работников порта на 40 % и в дальнейшем планируется расширение штатной численности. Дополнительно эффективность работы МСПД планируется повысить за счет более высокого уровня автоматизации железнодорожного терминала наливных грузов [5].

Поскольку порт является региональным узлом логистики на границе с ЕС, а также с целью предоставления национальным и международным инвесторам благоприятных условий для инвестиций по развитию бизнеса, территория порта до 2030 г. получила статус свободной экономической зоны. В отличие от других свободных экономических зон Молдовы, в которых деятельность ограничивается определенными видами, резиденты порта имеют право заниматься любой деятельностью, разрешенной на всей территории Республики Молдова. Инвесторы также могут быть на 100 % иностранными владельцами, свободно репатриировать свою прибыль и не нести минимальных инвестиционных обязательств [5]. Генеральным инвестором и оператором порта Джурджулешты является молдавское общество с ограниченной ответственностью Danube Logistics SRL, которое представляет собой дочернюю компанию Danube Logistics

Holding BV (Нидерланды). Инвестиционное соглашение с правительством Молдовы о разработке международного порта компания Danube Logistics SRL, единственным конечным владельцем которой является Европейский банк реконструкции и развития (Лондон, Великобритания), подписала в декабре 2004 г.

Особое внимание следует обратить на условия, созданные государством для развития порта, в первую очередь на низкие затраты, а также на уникальные налоговый и таможенный режимы. Благоприятные налоговый и таможенный режимы заключаются в следующем:

- 75 % – снижение налога на прибыль организаций в течение первых 10 лет работы, 50 % – снижение на оставшийся период до 2030 г.;
- освобождение от акцизов и импортного НДС;
- освобождение от импортных и экспортных пошлин;
- освобождение от импортных пошлин в остальную часть Молдовы для товаров, происходящих из МСПД;
- освобождение иностранных работников от взносов социального страхования [5].

Кроме того, расположение международного порта и свободной экономической зоны в непосредственной близости от Румынии (расстояние до города Галац – 17 км) и Украины (расстояние до города Рени – 8 км) привлекает рабочую силу не только из Молдовы, но также из Румынии и Украины. Доступные человеческие ресурсы в районе на расстоянии до 50 км от порта возможно оценить ориентировочно в четверть миллиона человек, в том числе: население г. Галац (Румыния) составляет более 300 тыс. человек, население Ренийского района (Украина) – более 50 тыс. человек, население, проживающее в близлежащей местности Молдовы – более 100 тыс. человек. С учетом небольшой по европейским меркам официальной средней заработной платы в Молдове (около 300 евро в месяц) рабочая сила в этой стране остается самой конкурентоспособной рабочей силой в Европе, что благоприятствует компаниям, занимающимся трудоемким производством.

Следует отметить, что Молдова, получившая выход к морю, совсем не имела традиций в области морского транспорта, как другие, более опытные морские державы. С началом строительства порта в Джурджулешты для выполнения всех требований международных Конвенций по отношению к судам, заходящим в порт, необходимо было создать соответствующие структуры, в том числе морскую администрацию флага. Для этого была создана Служба капитана порта Джурджулешты, а в дальнейшем, с 2019 г., за счет слияния публичного учреждения «Служба капитана порта Джурджулешты» и государственного предприятия «Судовой Регистр» было создано Агентство водного транспорта Республики Молдова.

Несмотря на то, что Молдова имеет небольшой торговый флот по численности и тоннажу, включающий в основном малотоннажные суда прибрежного плавания, ее флаг на международных рынках рассматривается как довольно удобный для перевозок грузов. Сегодня в составе флота более 300 судов, в том числе около 100 – морские суда, а остальные – речные суда (внутреннего водного плавания), которые эксплуатируются на реках Дунай, Прут и Днестр. Учитывая распространенную международную практику, Молдова относится к странам с «открытой» регистрацией флага для иностранных судовладельцев, наряду с такими странами, как Панама, Мальта, Кипр, и другими, которые предоставляют услуги всем иностранным судам. При этом услуги по регистрации судов в Молдове значительно дешевле, в связи с чем они пользуются определенным спросом.

На основании изложенного, особенно в настоящее время с учетом ведения боевых действий на Украине, порт Джурджулешты представляет немалый интерес в качестве точки перевалки грузов морских портов Азово-Черноморского бассейна дальше по Дунаю и внутренним водным путям Европы, а также другими видами транспорта.

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 определено будет шагом вперед.

Выводы

Развитие инфраструктурной базы морской деятельности является одним из основополагающих условий устойчивого социально-экономического развития государства. Обеспечение развития портов и транспортной логистики находится в прямой зависимости от решимости государства добиться результатов в становлении и укреплении своего морского потенциала.

Благодаря своему уникальному стратегическому месторасположению созданная комплексная модульная портовая и транспортная инфраструктура оказывает довольно благоприятное всестороннее влияние не только на развитие порта Джурджулешты и близлежащей территории, но и всего региона Придунавья и северо-западного Причерноморья в целом. Кроме этого, указанный порт является единственным пунктом морской и речной перевалки грузов в/из Республики Молдова. Увеличивающиеся потоки международного транзита зерна, растительного масла, нефтепродуктов, минеральных удобрений и других грузов позволяют рассматривать порт Джурджулешты как региональный узел логистики в Придунайском регионе, связывающий европейские государства со странами Азово-Черноморского, Каспийского и Средиземноморского регионов.

С учетом вышеизложенных факторов становится очевидным, что небольшое государство Молдова отнеслось ответственно к созданию и развитию своей портовой инфраструктуры и в течение небольшого срока (менее 20 лет) стало полноценным морским государством, не имея фактического выхода к морю, используя только лишь узкую полосу земли (до 500 м) на берегу реки Дунай в 134 км. от Черного моря. На основании изложенного представляется возможным сделать вывод о том, что развитие портов и транспортной логистики играет немаловажную роль в развитии инфраструктуры государства и региона в целом. Развитая транспортная инфраструктура оказывает значительное влияние на торговлю товарами через транзитные страны и, соответственно, на их конкурентоспособность.

Библиографический список

1. Об установлении границы между Украинской Советской Социалистической Республикой и Молдавской Советской Социалистической Республикой: Указ Президиума Верховного Совета СССР от 04.11.1940. URL: <https://docs.historyrussia.org/ru/nodes/131022-ob-ustanovlenii-granitsy-mezhdu-ukrainskoy-sovetskoy-sotsialisticheskoy-respublikoy-i-moldavskoy-sovetskoy-sotsialisticheskoy-respublikoy-ukaz-ot-4-noyabrya-1940-g> (дата обращения: 28.03.2024).
2. Цыганов А. С. Влияние особенностей северо-западной части Черного моря на развитие морской деятельности в регионе // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2023. № 2. С. 95–100.
3. Об утверждении Морской доктрины Российской Федерации: Указ Президента РФ от 31.07.2022 № 512. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207310001> (дата обращения: 29.03.2024).
4. Юрченко С. А., Юрченко А. Е. Международные транспортные коридоры: современное состояние и перспективы развития // Вестн. Харьков. нац. ун-та. 2013. № 1086. С. 44–48.
5. Официальный сайт Международного свободного порта Джурджулешть (Giurgiulesti International Free Port) ICS Danube Logistics SRL (Кишинев, Республика Молдова). URL: <https://gifp.md/ru/contacts/> (дата обращения: 29.03.2024).
6. Trans-Oil Group – Agro Industrial Holding. URL: <https://transoil-corp.com/en/page-home/> (дата обращения: 29.03.2024).
7. Валькова С. С., Степанец В. Е., Киселева Е. В. Совершенствование взаимодействия морских портов и железнодорожного транспорта // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2022. № 2. С. 85–91.

Научное издание

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

Труды
Всероссийской научно-практической конференции
г. Севастополь, 04-05 ноября 2024 г.

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

Компьютерное составление и верстка

В.С. Василенко

Тираж 20 экз. Зак. № __/__

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