



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Волжский государственный университет водного транспорта»
Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева –
Казанский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Волжский государственный университет водного
транспорта»

Сборник материалов II Всероссийской конференции



«РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, ИНФОРМАЦИОННЫХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ»

9-10 декабря 2024 года

г. Казань
2024

УДК 656.6
ББК 39.4
Р17

Редакционная коллегия:
Ю.И. Матвеев, Л.М. Кутепова

Организационный комитет конференции:
И.Р. Салахов, Ю.И. Матвеев, Н.Р. Харисова

Развитие энергетики водного транспорта, информационных и энергосберегающих технологий: сборник материалов II Всероссийской конференции. – Казань: ИМРФ имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – КФ ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2024. – 226 с.

В сборник включены материалы II Всероссийской конференции «Развитие энергетики водного транспорта, информационных и энергосберегающих технологий», состоявшейся 9-10 декабря 2024 года в Институте морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанском филиале Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта».

Издание предназначено для бакалавров, магистров, преподавателей учебных заведений, специалистов водной и транспортной отрасли и научных работников.

Материалы публикуются в авторской редакции. Авторы несут ответственность за достоверность сведений, изложенных в статьях.

Издание постатейно размещено в научной электронной библиотеке elibrary.ru по Лицензионному договору № 471-04/2019К от 04.04.2019 г.

© ИМРФ имени Героя Советского Союза
М.П. Девятаева – КФ ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2024
© Коллектив авторов, 2024

УДК 62-63

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАНОЛА В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА СУДОВОГО ТОПЛИВА В СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Атагурбанова Айсылув Назаргулыевна¹, преподаватель

e-mail: aysyluwatagurbanowa@gmail.com

Шаназаров Азат Халлыевич¹, директор

e-mail: gamisürjiler@gmail.com

Беренова Мяхри Бердимаммедовна¹, преподаватель

e-mail: myhriberenowa@gmail.com

¹ Морская средняя профессиональная школа города Туркменбаши агентства
«Türkmendeňizderýaýollary»

Аннотация. Статья анализирует перспективы использования метанола в судовых двигателях. Рассматриваются преимущества: низкие выбросы парниковых газов, высокое октановое число, возобновляемость. Обсуждаются недостатки: коррозия, модификация двигателей, ограниченная инфраструктура. Оценивается экономическая целесообразность, включая затраты на модификацию и сравнение стоимости с традиционным топливом. Метанол – перспективная, но требующая решения технических и экономических проблем альтернатива.

Ключевые слова: метанол, судовое топливо, альтернативное топливо, синтез метанола.

PROSPECTS FOR USING METHANOL AS A MARINE FUEL COMPONENT IN MARINE ENGINES

Atagurbanova Aysyluv Nazargulyevna¹, Teacher

e-mail: aysyluwatagurbanowa@gmail.com

Shanazarov Azat Khallyevich¹, Director

e-mail: gamisürjiler@gmail.com

Berenova Myahri Berdimammedovna¹, Teacher

e-mail: myhriberenowa@gmail.com

¹ Turkmenbashi Maritime Secondary Vocational School of the Agency
«Türkmendeňizderýaýollary»

Abstract. The article analyzes the prospects for using methanol in marine engines. The advantages are considered: low greenhouse gas emissions, high octane number, renewable. The disadvantages are discussed: corrosion, engine modification, limited infrastructure. The economic feasibility is assessed, including the costs of modification and a comparison of the cost with traditional fuel. Methanol is a promising alternative, but it requires solving technical and economic problems.

Key words: methanol, marine fuel, alternative fuel, methanol synthesis.

Мировая экономика продолжает расти, что частично обусловлено глобальным ростом населения. В тоже время свыше 80% роста стимулируется усиливающимся влиянием на мировую экономику большого и растущего среднего класса в странах с развивающейся экономикой. Эта тенденция вызывает рост мировой торговли и усиливает влияние транспортной системы и, главным образом, ее основной компоненты – транспортировки грузов морем. Согласно отчету United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) свыше 70% стоимости мировой торговли перевозится на борту судов. Повышения эффективности использования потенциала энергоносителей в совокупности с минимизацией ущерба окружающей среде – парадигма проектирования энергетического оборудования в современном мире. В связи с этим, требования законодательных актов ИМО (International Maritime Organization) жестко регламентируют выбросы вредных веществ от объектов судоходства. Согласно резолюциям ИМО для каждого нового судна валовой вместимостью ≤ 400 т. необходимо определять требуемый (Required) и достижимый (Attained) конструктивный индекс энергетической эффективности судна EEDI (Energy Efficiency Design Index), а также операционный индекс EEOI (Energy Efficiency Operational Index) при проектировании, постройке и эксплуатации судна. EEDI вычисляется в зависимости от типа судна и дедвейта с учетом поправочного коэффициента, который постепенно будет ужесточаться вплоть до 2025 г. Attained EEDI вычисляется в соответствии с методикой ИМО и должен быть $\geq$ Required EEDI. Физический смысл индексов идентичен и представляет собой отношение массы произведенного энергетической установкой судна парникового газа CO_2 к величине транспортной работы судна, г $\text{CO}_2/\text{т-миль}$: Требования ИМО непосредственно связаны с повышением эффективности использования энергии топлива в судовой энергетике и применением альтернативных топлив.

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к газообразному топливу. Их доля в мировом энергетическом балансе скоро превысит 21% от общего объема произведенной энергии. Это связано с тем, что независимо от типа газа и применяемой технологии сжигания они позволяют значительно снизить токсичные выбросы. С другой стороны, очень высокая доступность и низкая цена приводят к тому, что в ближайшие годы газообразное топливо будет значительно увеличиваться, диверсифицировать все энергетические отрасли. В настоящее время во многих исследовательских центрах разрабатывается концепция питания ДВС газообразным топливом в двух топливном режиме. Относительно небольшая доза жидкого топлива, впрыскиваемая в цилиндр, действует как ингибитор воспламенения и стабилизирует сгорание газообразного топлива, которое обеспечивает большую часть энергии. Как и в случае, моно режима, газовое топливо, подаваемое в двигатель, может меняться. Адаптация к изменениям в составе топлива достигается путем регулирования параметров впрыска топлива начальной дозировки и многих других регулируемых параметров, таких как количество и температура воздуха, рециркуляция выхлопных газов и т.д. Правильно спроектированный ДВС со сложными алгоритмами регулирования можно по существу назвать многотопливным двигателем, который по необходимости может работать в любое время с любым жидким или газообразным топливом. Некоторые свойства горючих газов, которые являются основными составляющими газообразного топлива, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные свойства отдельных компонентов газообразного топлива

Компонент	Теплотворная способность [МДж/м ³]	Плотность при нормальных условиях [кг/м ³]	Нижний предел воспламенения (% газа в воздухе)	Верхний предел воспламенения (% газа в воздухе)	Скорость сгорания [м/с]	Температура самовоспламенения [K]	Теоретический расход воздуха [м ³ /м ³]
Водород H	10,78	0,0899	4	75	0,302	807	2,38
Метан CH ₄	35,89	0,717	5	15	0,338-0,67	923	9,54
Этан C ₂ H ₆	63,77	1,34	3	12,4	0,43-0,856	793	16,7
Пропан C ₃ H ₈	91,28	1,97	2,1	9,5	0,384-0,821	23,8	23,8
Углерод монооксид CO	12,6	1,25	12,5	74	0,024	881	2,38
Сульфид водорода H ₂ S		1,54	4,3	45	-	563	7,14

Из всех вышеупомянутых горючих газов только метан является ископаемым газом. Остальные газы получают в результате обработки минералов или в результате естественных процессов. Также в настоящее время в качестве альтернативного топлива в различных областях используется метанол. Метаноловое топливо является альтернативным биотопливом для двигателей внутреннего сгорания и других двигателей, как в сочетании с бензином, так и самостоятельно. Метанол (CH₃OH) дешевле в производстве, чем этаноловое топливо, хотя он более токсичен, чем этанол, и имеет меньшую энергетическую плотность, чем бензин. Он состоит из угля, биомассы и возобновляемого источника энергии за счет улавливания углерода и схемы его использования. Это жизнеспособное топливо, имеющее большой потенциал для сокращения углеродного следа ископаемого топлива в транспортном секторе. Он используется в качестве топливной смеси или в чистом виде в ДВС. Таким образом, метанол является наиболее привлекательным топливом в качестве альтернативы обычному топливу, поскольку он обладает такими качествами, как получение жидкого топлива, простота хранения и распределения.

Метанол получают различными методами, отличающимися исходным сырьем, способами его переработки в синтез-газ, а также условиями проведения синтеза метанола.

Сырьем для производства метанола служит синтез-газ (смесь H₂, CO и CO₂), который в свою очередь может быть получен конверсией природного газа, газификацией твердого топлива и др. Туркменистан, один из мировых лидеров по запасам природного газа, расширил свое присутствие на рынке экологически чистого топлива. 28 июня 2019 года в Ахалском велаяте был запущен крупнейший в мире завод по производству синтетического топлива из природного газа. Этот инновационный комплекс, получивший сертификат Книги рекордов Гиннеса, ежегодно перерабатывает 1,785 миллиарда кубических метров природного газа, производя 600 тысяч тонн бензина марки ЭКО-93, соответствующего стандарту Евро-5, 12 тысяч тонн дизельного топлива и 115 тысяч тонн сжиженного газа. Завод, использующий передовые технологии, был отмечен сертификатом "Экологически чистый" от Агентства по охране окружающей среды США и

сертификатом "Инновационная технология" от Швейцарского федерального технологического института.

На заводе природный газ превращают в экологически чистое жидкое топливо. Процесс начинается с очистки газа и его преобразования в синтез-газ. Затем синтез-газ превращают в метанол, который служит сырьем для производства синтетического бензина. Полученный бензин проходит несколько стадий очистки и разделения на фракции. Помимо бензина, в процессе образуются также дизельное топливо и попутный газ.

Ключевые этапы: очистка природного газа; получение синтез-газа; синтез метанола; производство бензина; разделение на фракции; очистка готовой продукции.

Преимущества: экологически чистое топливо; отсутствие серы и азота;

Продукция: бензин ЭСО-93; дизельное топливо; попутный газ.

Ежегодно завод перерабатывает 1,785 млрд м³ природного газа.

Синтез метанола происходит в присутствии катализатора $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ при температуре 220–280°C и давлении 5–8 МПа с объемной скоростью 5000–10000 ч⁻¹. Для синтеза метанола используют синтез-газ следующего состава: (67% H_2 + 33% CO); Расход сырья на получение 1 т метанола составляет 1650 м³ H_2 и 825 м³ CO . Полученный метанол-сырец смешивают с легкой фракцией отделения продукта синтеза алканолов и направляют в реакторы синтеза углеводородов, синтез происходит в присутствии катализатора при 340... 410°C и давлении 2–3 МПа. Продукт из реактора смешивают с водой и легкими газами и получают чистый изомеризат. Основной состав этого продукта (% по массе): изопарафины 38-40; C_7 – C_8 алкиларены 34–35; нафтенy 10–12; олефины 6–10; бензол < 1. Плотность продукта (при 15°C) 710–730 кг/м³; диапазон кипения 37-185°C; давление насыщенного пара 67–93 кПа. Продукт имеет октановое число 90-92. Изомеризат смешивают с алканами C_2 – C_6 в объемном соотношении 1–3:1, предпочтительно 1,3–1,5:1, и получают смесь изопарафинов, алкиларенов и алканолов (алкобензин) как экологически чистый высокооктановое топливо. Например, синтетический бензин с октановым числом 98 при соотношении углеводородов и алканолов 1,3:1 имеет следующий состав (% по массе): изопарафины - 24; алкиларены – 21–22; алканолаы – 40; нафтенy - 7-8; олефины – 5–6; бензол < 0,5. Плотность продукта (при 15°C) 760–770 кг/м³; диапазон температур кипения 40-185°C; давление насыщенного пара 67–93 кПа. Первый блок установки жидких углеводородов природного газа состоит из реакторов предварительного риформинга и автотермического каталитического риформинга, а также реактора приготовления смеси природного газа, кислорода, газообразного водорода и перегретой воды.

Смесь производительностью 450 т/ч при температуре 300-450°C подают в реактор предварительного риформинга. В реакторе предварительного риформинга происходит экзотермическое окисление и сжигание углеводородов C_2 – C_7 в природном газе, что способствует автотермической каталитической конверсии во втором реакторе риформинга. На выходе реактора риформинга получается 450 т/ч влажного синтез-газа. Влажный синтез-газ охлаждают, водяной пар конденсируют и получают 370 т/ч сухого синтез-газа. В сепараторе сухого синтез-газа два потока разделяются и одна часть направляется в блок 2, а другая часть в блок 5. Блок 2 состоит из реактора синтеза метанола. В реактор подается 290 т/ч сухого синтез-газа, на выходе получается 370 т/ч метанола-сырца (чистота 94%), который направляется в блок 3. Блок 3 состоит из рекуперативного испарителя, теплообменника и изотермических реакторов конверсии метанола в жидкие углеводороды. В реакторы подают 220 т/ч метанола и на выходе получают сырье для конверсии метанола 220 т/ч. Этот продукт размещен в блоке 4. В блоке 4 установлено оборудование для выделения продукта конверсии метанола. В этой

установке продукт разделяется на жидкие углеводороды, воду и легкие газы (H_2 , CO_2 , CH_4 , C_2H_6 и C_2H_4). В результате получается 76 т/ч (608 тыс. т/ч) чистых жидких углеводородов с октановым числом 90-92. и отправить в миксер. Блок 5 состоит из последовательно соединенных реакторов синтеза алканолов. В блок подается 80 т/ч сухого синтез-газа и поступает 80 т/ч влажных алканолов. Этот продукт размещен в блоке 6. Блок 6 состоит из сепараторов мокрых алканолов и сушилок. В этой установке получают и направляют в смеситель 60 т/ч стабильных алканолов C_2-C_6 . Конденсаты первого, четвертого и шестого агрегатов очищаются, а вода используется для регенерации. В смесителе смешивают жидкие углеводороды блока 4 и алканолы блока 6 в объемном соотношении 1–3:1, предпочтительно 1,3–1,5:1, и получают 136 т/ч конечного продукта. Данный продукт представляет собой экологически чистый высококачественный бензин с октановым числом не ниже 98 (по методу испытаний).

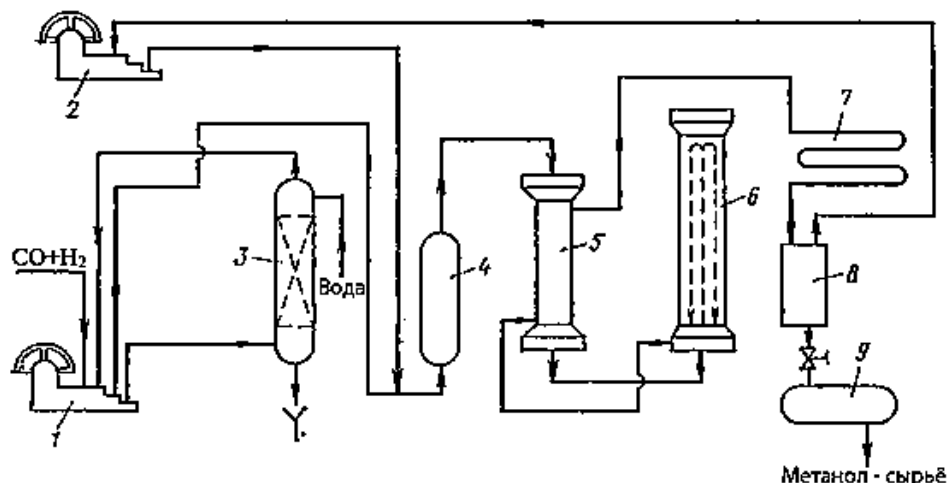


Рисунок 1 – Технологическая схема извлечения метанола из CO и H_2

1, 2 – компрессоры; 3 – скруббер; 4 – фильтр; 5 – теплообменник; 6 – колонна синтеза; 7 – охладитель-конденсатор; 8 – сепаратор; 9 – коллектор

Преимущества метанола как топлива для судовых двигателей

Экологичность: Метанол при сгорании выделяет значительно меньше вредных веществ, таких как сажа и оксиды серы, что способствует снижению загрязнения окружающей среды.

Возобновляемость: Метанол может быть произведен из биомассы, что делает его возобновляемым источником энергии.

Высокое октановое число: Метанол обладает высоким октановым числом, что позволяет повысить степень сжатия в двигателе и, следовательно, его эффективность.

Низкая температура самовоспламенения: Низкая температура самовоспламенения метанола делает его более безопасным в обращении.

Возможность смешивания с другими видами топлива: Метанол может быть смешан с дизельным топливом в различных пропорциях, что позволяет постепенно переходить на использование метаноловых смесей.

Доступность и стоимость продукта. Метанол, он же древесный спирт, как правило, производится из синтез-газа, получаемого из природного газа или угля или торфа. Большая сырьевая база и относительно низкая стоимость получения. Объемы производства и транспортировки метанола, в том числе морем и быстро растут.

Плюсы к применению на судне. Экологичен (низкое содержание углерода, даже по сравнению с СПГ). Нет выбросов крайне опасного парникового газа - метана, что

свойственно СПГ. Жидкость до $+ 65^{\circ}\text{C}$, что существенно упрощает транспортировку самого топлива, бункеровку им судов и хранение на борту без крайне дорогих специальных емкостей и особых технологий перегрузки. Минимальные потери объема судовых помещений, подходит для двухтопливных дизелей. Топливная система и танки для хранения примерно в 3 раза дешевле, чем для СПГ. Учитывая разность в плотности и теплоте сгорания (количеству теплоты, выделяющейся при сгорании 1 кг топлива), для обеспечения одинаковой автономности плавания потребуется различное количество топлива разных типов. Т.к. СПГ размещается в цилиндрических цистернах с изоляцией, то требуемое на судне пространство для размещения запаса СПГ в несколько раз больше объема самого СПГ. Например, на RSD59 в версии газохода это соотношение 1:4 (ёмкость цистерн 250 м^3 , объём помещения ок. 1000 м^3). Например, для хранения 4270 ГДж энергии - это 100 тонн дизельного топлива объемом 119 м^3 в цистерне объемом 131 м^3 , потребуется 215 тонн метанола объемом 271 м^3 в цистерне объемом 298 м^3 . Для сведений - у СПГ соответственно 88 тонн, 204 м^3 и 815 м^3 . Другими словами, метанол снижает потери судовых объемов в 2,7 раза по сравнению с СПГ.

Минусы. Меньшая теплота сгорания требует увеличения объема подачи топлива в 2,1 раза в сравнении с дизельным топливом. Температуры вспышки меньше 60°C , с соответствующими последствиями для оборудования и размещения в машинном отделении, танков запаса и топливной системы но СПГ - аналогично. Низкая температура самовозгорания (455°C), низкое цетановое число, требующее конструктивных мер по обеспечению возгорания топлива в цилиндрах. Высокая испаряемость, до образования паровых пробок в системе подачи топлива. Меньшая вязкость ухудшает смазку плунжерных пар и других элементов двигателя. Повышенная коррозионная и электрокоррозионная активность исключает применение алюминиевых, полимерных и резиновых элементов как в дизеле, так и в топливной системе. Однако MAN, ABC и Wartsila решили эти технические проблемы и у них есть соответствующие двигатели. Первое судно, работающее на метаноле, появилось в 2015 году - был переоборудован автомобильно-пассажирский паром Stena Germanica (240 метров, 1500 пассажиров, 300 автомобилей) со среднеоборотным дизелем компании Wartsila. В итоге, сегодня на метаноле работают 21 судно, в основном танкера - метаноловозы и паромы. Некоторыми западными компаниями метанол преподносят как наиболее оптимальный вид топлива для «перепрыгивания» этапа использования сжиженного природного газа (СПГ) для достижения целей декарбонизации. Речь идет, прежде всего, о группе Maersk, которая в 2021 году анонсировала строительство восьми контейнеровозов на «зеленом» метаноле вместимостью по 16 тыс. TEUs, в феврале 2022 года к ним добавили еще четыре, а в октябре — еще шесть, которые должны быть построены на мощностях Hyundai Heavy Industries (HHI) в 2025 году. Ожидается, что его эксплуатация позволит снизить годовые выбросы парниковых газов на 1,5 млн тонн в год. При вводе в строй всех указанных судов ежегодное сокращение выбросов оксида углерода составит около 2,3 млн тонн. Переход на метанол обеспечит немедленную экологическую выгоду, в том числе близкую к нулю выбросы SOx и твердых частиц, а также значительно снизить выбросы NOx по сравнению с обычными морскими видами топлива или биодизелем. В ноябре 2020 года Комитет по безопасности мореплавания Международной морской организации (ИМО) принял временные нормативы по использованию метанола в качестве судового топлива, предложив использовать этиловые и метиловые спирты как возможное топливо для судовладельцев и операторов. В настоящее время в эксплуатации уже находятся двенадцать судов с метаноловыми двигателями, размещены заказы на строительство еще 10 таких же судов.

Существующие проблемы и пути их решения

Несмотря на ряд преимуществ, применение метанола в судовых двигателях связано с некоторыми проблемами.

Коррозия: Метанол обладает высокой коррозионной активностью по отношению к некоторым материалам, используемым в двигателях. Для решения этой проблемы необходимо применять специальные коррозионностойкие материалы и модифицировать топливные системы.

Низкая плотность энергии: Плотность энергии метанола ниже, чем у дизельного топлива, что требует увеличения объема топливных баков.

Высокая гигроскопичность: Метанол легко поглощает влагу из воздуха, что может привести к образованию льда в топливной системе при низких температурах.

Для решения этих проблем проводятся активные исследования и разработки. В частности, разрабатываются специальные присадки к метанолу, которые снижают его коррозионную активность и гигроскопичность. Также исследуются различные материалы для изготовления топливных систем, обладающие высокой коррозионной стойкостью.

Основные направления развития:

- Создание новых материалов и покрытий для топливных систем.
- Разработка эффективных присадок к метанолу.
- Совершенствование систем впрыска и смесеобразования.
- Разработка новых типов двигателей, оптимизированных для работы на метаноловых смесях.

Заключение

Применение метанола в качестве топлива для судовых двигателей является перспективным направлением развития судостроения. Несмотря на существующие проблемы, активные исследования и разработки позволяют оптимизировать эту технологию и сделать ее более конкурентоспособной. Переход на метаноловые смеси позволит значительно снизить вредные выбросы от морского транспорта и сделать его более экологически чистым.

Плюсы - жидкость, минимальные потери объема судовых помещений в сравнении с СПГ, низкое содержание углерода, подходит для двух топливных дизелей, бурное развитие производства.

Минусы - малая теплота сгорания, повышенная коррозионная и электро-коррозионная активность, сильный нервно-сосудистый яд.

Список литературы:

1. Aşyrow A. Gazy we kondensaty gaýtadan işlemegiň himiýasy we tehnologiýasy. – Aşgabat: TDNG, 2023. – 735 s.
2. Aşyrow A., Babaýew M. Tebigy gazdan ýokary oktanly suwuk gidrokarbonlary almak usuly. № 825 oýlap tapuşyň çäklendirilen patenti, 2018.
3. Лютко В. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания: научное издание. – М.: МАДИ, 2000. – 2 т. – 311 с

УДК 62-63

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Власов Владимир Николаевич¹, ст. преподаватель кафедры ЭСЭУ
e-mail: vn_vlasov@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород

Аннотация. В статье показана актуальность проблемы, связанной с применением некачественного топлива. В качестве решения предложена ультразвуковая обработка горюче-смазочных материалов непосредственно перед применением в энергетических установках в судовых условиях.

Ключевые слова: судовые энергетические установки, горюче-смазочные материалы, дизельное топливо, обработка ультразвуком, кавитационный эффект.

EFFICIENCY OF USING FUEL AND LUBRICANTS IN MARINE POWER PLANTS

Vlasov Vladimir Nikolaevich¹, Senior Lecturer of the Department of Operation of Ship Power Plants
e-mail: vn_vlasov@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article shows the relevance of the problem associated with the use of low-quality fuel. As a solution, ultrasonic treatment of fuels and lubricants is proposed immediately before use in power plants in marine conditions.

Keywords: marine power plants, fuels and lubricants, diesel fuel, ultrasound treatment, cavitation effect.

В настоящее время на многих судах энергетические установки физически изношены и морально устарели, в связи чем, требуют замены. Значимый удельный расход горюче-смазочных материалов судовых двигателей, находящихся в эксплуатации, по сравнению с современными снижает экономическую эффективность перевозок на водном транспорте.

Однако в условиях санкций, вариантов возможных решений не так уж и много. Номенклатура судовых двигателей, выпускаемая отечественными производителями, не удовлетворяет всех желаний потребителей, - судоходных компаний. Параллельный импорт вызывает много вопросов, по дальнейшему гарантийному и постгарантийному техническому обслуживанию. И наконец, приобретение двигателей китайского производства - своеобразная лотерея, трудно спрогнозировать надежность продукции с низкой культурой производства и с большим разбросом значений технических характеристик. Кроме того, опыт эксплуатации двигателей китайского производства показывает на их высокие требования к качеству топлива. Любое наличие примесей приводит к их поломке.

Меры направленные на обеспечение работоспособности судовых энергетических установок, продлению их ресурса и их экономичности эксплуатации предопределили повышенное внимание к качеству горюче-смазочных материалов.

Между тем, несмотря на то, что качество судового топлива в соответствии с требованиями ТУ 38.101567-2014 и ГОСТ 305–2013, ГОСТ 32510–2013, ГОСТ 32511–2013 [1-4] стало лучше, по сравнению с предыдущими требованиями, зачастую заправляемое судами топливо им не соответствует. Обусловлено это разными причинами: нарушениями во время транспортировки и хранения, большим износом емкостей, трубопроводов и запорной арматуры. При этом количество примесей механических и воды значительно увеличивается. В случае более качественной фильтрации увеличивается трудоемкость обслуживания, уменьшается полезная масса топлива в целом.

В связи с вышеизложенным, требуется особое внимание по предэксплуатационной подготовке, непосредственно при подаче в двигатель.

Поиск возможных технологических и конструктивных решений дает однозначный ответ о целесообразности применения ультразвукового метода для обработки судовых эксплуатационных жидкостей (топлива и моторного масла) [5,6].

При обработке ультразвуком, за счет кавитационного эффекта, происходит разбивка конгломератов, образованных естественным путем, в результате чего механические примеси удаляются на топливном и масляном фильтрах, при этом снижаются потери горючей массы. Кроме кавитационного воздействия на макро уровне, ультразвук воздействует на жидкости и на молекулярном.

Известно, что основу дизельного топлива составляют три группы углеводородных соединений: алканы (C_nH_{2n+2}), нафтенy (C_nH_{2n}) и ароматические углеводороды (C_nH_{2n-6}). В частности, формула дизельного топлива может выражаться от C_8H_{18} до $C_{17}H_{36}$.

Под действием кавитации происходит разрушение длинных молекулярных цепочек углеводородов. Ввиду того, что при температуре 450-550 °С алканы расщепляются на алканы и алкены [7]:



Полученные более простые молекулярные вещества быстрее вступают во взаимодействие, в результате чего повысится полнота сгорания топлива, то есть возрастает энергоэффективность эксплуатации двигателя в целом.

Обработка топлива с использованием ультразвука повышает полноту сгорания топлива, что скажется на КПД. При этом обработка моторных масел продлевает срок их службы.

Список литературы:

1. ТУ 38.101567-2014 Топливо маловязкое судовое. Технические условия. – Введен 01.01.2015.
2. ГОСТ 305–2013. Топливо дизельное. Технические условия. – Введ. 01.01.2015. – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.
3. ГОСТ 32510–2013. Топлива судовые. Технические условия. – Введен 01.01.2015. – М.: Стандартинформ, 2014. – 19 с.
4. ГОСТ 32511–2013. Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – Введен 01.01.2015. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.
5. Матвеев Ю.И., Власов В.Н. Продление срока службы моторных масел при эксплуатации судовых дизелей //Транспорт. Горизонты развития. 2022: Материалы

международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2022. – URL: http://вф-река-море.рф/2022/5_19.pdf

6. Власов В.Н., Матвеев Ю.И. Эффективность использования ультразвука для гомогенизации дизельного топлива.//Транспорт. Горизонты развития. 2024: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2024. – URL: http://вф-река-море.рф/2024/2_3.pdf

7. Кузнецов Д. Г. Органическая химия: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 556 с.



УДК 69.027.1

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ПРОМЫШЛЕННОЙ ДЫМОВОЙ ТРУБЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Володин Юрий Гурьянович¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: yu.g.volodin@mail.ru

Марфина Ольга Павловна², кандидат технических наук

e-mail: o_marfina@mail.ru

Цветкович Михаил Стоядинович³

e-mail: cvetms56@mail.ru

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева, Казань, Россия

² Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия

³ АО «ЭнергоИнновации»

Аннотация. Выполнено математическое моделирование течения дымовых газов в промышленной дымовой трубе. Проведенные расчеты показали, что в корневой части дымовой трубы формируется закрученный газовый поток, который снижает коррозионную устойчивость её стенок. Это нежелательное явление заметно ослабевает при установке на входе отводящего ствола специальных пандусов или перегородок.

Ключевые слова: математическое моделирование, газовый поток, дымовые газы, дымовая труба.

NUMERICAL MODELING OF THE WORK PROCESS IN AN INDUSTRIAL SMOKE PIPE

Volodin Yuriy Guryanovich, Candidate of Technical Science, Associate Professor

e-mail: yu.g.volodin@mail.ru

Marfina Olga Pavlovna, Candidate of Technical Science

e-mail: yu.g.volodin@mail.ru

Tsvetkovich Mikhail Stoyadinovich

e-mail: cvetms56@mail.ru

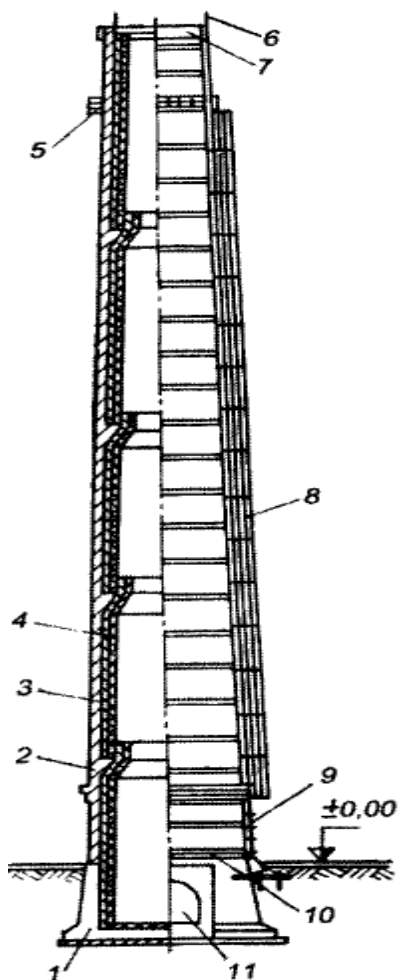
Abstract. Mathematical modeling of flue gases in an industrial chimney was performed. The calculations showed that a twisted gas stream is formed in the root part of the chimney, which reduces the corrosion stability of its walls. This undesirable phenomenon noticeably weakens when installing special ramps or partitions at the entrance of the outlet trunk.

Keywords: Mathematical modeling, gas stream, smoke gases, smoke pipe.

Жизненно важным продуктом и одним из важнейших компонентов нашей природы является атмосферный воздух. Развитие цивилизации сопровождается увеличением масштабов городов и населенных пунктов и их числом, а также модернизацией и увеличением производственных мощностей. Одним из результатов жизнедеятельности человека как на бытовом, так и на промышленном уровне являются различного вида отходы, к которым относятся вредные выбросы промышленных предприятий через

дымовые трубы в окружающую атмосферу. Дымовые трубы представляют собой сложные специальные инженерные сооружения башенного типа, предназначенные для отвода дымовых газов и рассеивания их в атмосфере и являются неотъемлемой частью промышленных предприятий, тепловых электростанций, котельных и других промышленных объектов.

От показателей надежности, эффективности и долговечности дымовых труб (рис. 1) зависит не только бесперебойная работа подключенного к ним промышленного и энергетического оборудования в штатном режиме, но также экологическое состояние окружающей среды [1].



Трещины в верхней части футеровки



Разрушение внутреннего защитного слоя



Сквозные отверстия в стене. Коррозия арматуры

Рисунок 1 – Дымовая труба и ее конструктивные элементы:

1 – цоколь, 2 – ствол, 3 – изоляция, 4 – футеровка, 5 – светофорная площадка, 6 – молниеприемник, 7 – головка, 8 – ходовая лестница с ограждением, 9 – кабель молниезащиты, 10 – стяжные кольца, 11 – ввод борова в фундамент

В то же время показатели самих этих сооружений во многом определяются характером протекающих в них достаточно сложных аэродинамического [2] и тепломассообменного процессов. К настоящему времени эти процессы остаются мало изученными из-за отсутствия практической возможности проведения на такого рода объектах более углубленных натурных экспериментальных исследований с применением современных средств диагностики. В сложившейся ситуации приемлемой альтернативой детальному физическому натурному эксперименту служит математический эксперимент, основанный на использовании современных методов вычислительной газодинамики и компьютерных технологий.

Для описания течения дымовых газов в рабочем пространстве отводящего ствола промышленной дымовой трубы [3-4] предложена трехмерная математическая модель, основанная на осредненных по Фавру полных уравнениях Навье-Стокса, замкнутых $k-\epsilon$ – моделью турбулентности с применением улучшенных пристеночных функций. Это обстоятельство позволило составить детальную физическую картину изучаемого процесса, установить наличие в значительной части внутреннего объема ствола интенсивных вторичных течений, вихревых зон, которые оказывают существенное влияние на кинематическую структуру всего потока, на характер распределения скоростей в различных его поперечных сечениях, а также на трение, теплоотдачу и массоперенос в пристеночных областях.

Вопрос о том, каковы величины давлений на стенку газоотводящего ствола дымовой трубы в различных его поперечных сечениях весьма важен при прогнозировании мест расположения наиболее уязвимых к коррозии зон его внутренней поверхности. Считается, что этот процесс особенно интенсивно протекает в тех случаях и в таких местах, где давление газов внутри ствола превышает атмосферное. Построение эпюр давлений (рис. 2) и нахождение их характерных точек дает возможность более целенаправленно подходить к выбору геометрии газоотводящего канала при разработке проекта трубы, а также легко анализировать условия работы действующих дымовых труб при изменении режимов работы подключенного к ним оборудования.

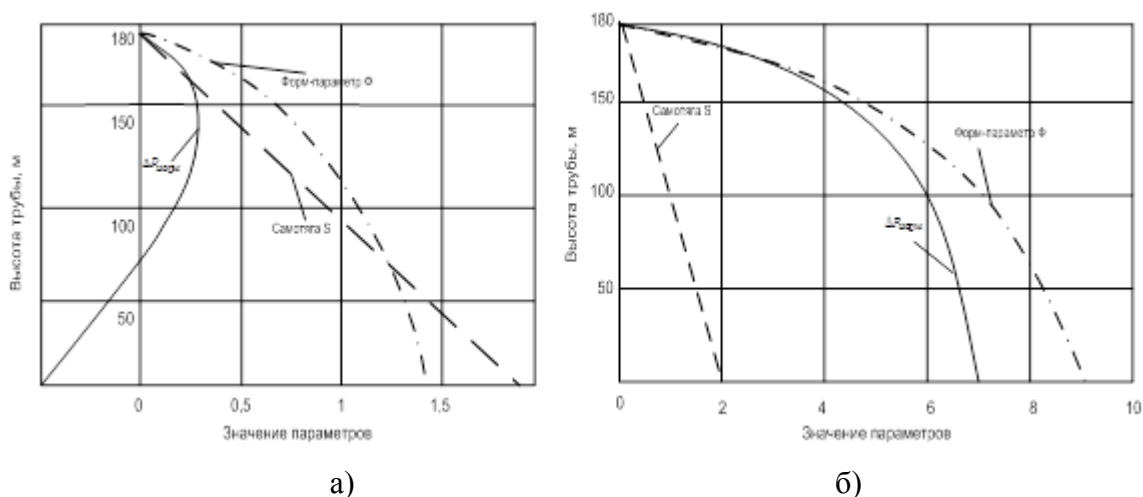


Рисунок 2 – Эпюры распределения параметров Δp , S , Φ для дымовой трубы высотой 180 метров рассчитанных: а) по одномерной модели течения и б) по трехмерной модели течения

$\Delta \bar{p} = \frac{\Delta p \cdot 2}{\rho_0 w_0^2}$ – перепад давления на стенку ствола со стороны дымовых газов и барометрическим давлением в соответствующем поперечном его сечении; $S = \frac{2g\Delta\rho h}{\rho_0 w_0^2}$, – относительная самотяга; $\Phi = \Delta \bar{p} + S$ – форм-параметр газоотводящего канала дымовой трубы

Результаты расчетов, полученные на базе одномерной модели течения дымовых газов, при построении которой был принят ряд упрощающих допущений, и которые в принципе (по причине одномерности) не способны адекватно учитывать особенности поведения потока на очень важном входном участке ствола, где течение имеет явно выраженный трехмерный характер, и от этого течения во многом зависят характеристики потока на других участках газоотводящего ствола дымовой трубы.

Главной причиной различия результатов расчетов, выполненных по одно и трехмерной моделям течений, являются закрутки в виде крупных вихрей и существенная трансформация кинематической структуры по высоте ствола. Вследствие вращательного движения потока дымовых газов в стволе появляются центробежные силы, которые создают дополнительные (к статическому) динамическое давление на его стенку. По мере продвижения потока дымовых газов к устью ствола вращательное движение ослабевает на некоторой высоте (в данном примере ≈ 30 метров) и далее постепенно вырождается. Направление движения потока становится полностью осевым с практически равномерным по сечению распределением скорости.

Трансформация кинематической структуры потока дымовых газов, происходящая по мере его продвижения по отводящему стволу дымовой трубы является причиной существенных неравномерностей в распределениях давлений, температуры, а также кинетической энергии турбулентности в рабочем пространстве ствола, ответственной за интенсивность протекания тепло- и массообменных процессов в трубе.

Из приведенных результатов расчетов следует вывод о том, что для обеспечения нормального газодинамического режима в стволе, способствующего повышению коррозионной устойчивости его стенок, необходимо проведение мероприятий по предотвращению или максимальному ослаблению закрутки потоков дымовых газов в цокольной части дымовой трубы. Результаты расчетов показали, что это нежелательное явление заметно ослабевает при установке на входе отводящего ствола специальных пандусов и перегородок.

Список литературы:

1. Володин Ю.Г., Марфина О.П., Цветкович М.С., Кирпичников А.П. Влияние технического состояния и режимов работы дымовых труб на экологию// Вестник Казанского технологического университета, 2015, том 18, № 24. – С. 130-135.
2. Володин Ю.Г., Марфина О.П., Цветкович М.С. Расчет газодинамических характеристик дымовых труб // Надежность и безопасность энергетики – 2016 – № 1 – С. 41-45.
3. Володин Ю.Г., Марфина О.П., Цветкович М.С., Кирпичников А.П. Течение газов в промышленной дымовой трубе // Труды Академэнерго – 2017. – № 3. – С. 50-59.
4. Volodin Y., Marfina O., Tsvetkovich M. The study of gas flow in the industrial smoke pipe, // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 890 (2020) 012160 IOP Publishing.

УДК 656.6

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Горелов Сергей Валерьевич¹, заведующий кафедрой электроэнергетических систем и электротехники, д.т.н., профессор
e-mail: anatolyelizariiev@yandex.ru

Елизарьев Анатолий Александрович¹, профессор кафедры электроэнергетических систем и электротехники

¹ Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

Аннотация. В условиях глобальных изменений климата и стремительного развития технологий повышение уровня энергоэффективности и энергосбережения в сфере водного транспорта становится особенно актуальным. Распознавание потребителей электроэнергии — ключевой аспект оптимизации потребления ресурсов. Современные системы мониторинга и управления, интегрированные в инфраструктуру суда, позволяют не только эффективно отслеживать потребление энергии, но и прогнозировать нагрузки, что способствует более рациональному использованию электричества.

Автоматизация процессов на борту, включая интеллектуальные сети и адаптивные системы управления, открывает новые горизонты для снижения энергозатрат. Современные технологии, такие как IoT (Интернет вещей), помогают в реальном времени получать данные о состоянии оборудования и его расходах, обеспечивая возможность быстрой реакции на изменения в среде. Это, в свою очередь, ведет к прагматичному подходу к эксплуатации судов и улучшению их экологии.

Таким образом, разработка и внедрение инновационных решений в области распознавания потребителей электроэнергии на водном транспорте способны существенно повысить уровень энергоэффективности, улучшить финансовые показатели и создать устойчивую экосистему для будущих поколений.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, распознавание, потребители, электроэнергия, водный транспорт

INCREASING THE LEVEL OF ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING BY RECOGNIZING ELECTRICITY CONSUMERS IN WATER TRANSPORT

Gorelov Sergey Valerievich¹, Head of the Department of Electric Power Systems and Electrical Engineering, Doctor of Engineering Sciences, Professor
e-mail: anatolyelizariiev@yandex.ru

Elizariiev Anatoly Aleksandrovich¹, Professor of the Department of Electric Power Systems and Electrical Engineering

¹ Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia

Annotation. In the context of global climate change and the rapid development of technologies, increasing the level of energy efficiency and energy conservation in the field of water transport is becoming especially relevant. Recognition of electricity consumers is a key aspect of optimizing resource consumption. Modern monitoring and control systems integrated into the ship's infrastructure make it possible not only to effectively monitor energy consumption, but also to predict loads, which contributes to a more rational use of electricity. Automation of on-

board processes, including intelligent networks and adaptive control systems, opens up new horizons for reducing energy costs. Modern technologies, such as IoT (Internet of Things), help to obtain real-time data on the condition of equipment and its costs, providing the ability to react quickly to changes in the environment. This, in turn, leads to a pragmatic approach to the operation of ships and the improvement of their ecology. Thus, the development and implementation of innovative solutions in the field of recognition of electricity consumers in water transport can significantly increase the level of energy efficiency, improve financial performance and create a sustainable ecosystem for future generations.

Keywords: energy efficiency, energy saving, recognition, consumers, electricity, water transport

Повышение уровня энергоэффективности и энергосбережения на водном транспорте стало одной из ключевых задач современного общества, стремящегося к устойчивому развитию и минимизации воздействия на окружающую среду. В условиях глобального потепления и ухудшения экологической ситуации, необходимость внедрения новых технологий и практик в области судоходства становится более актуальной, чем когда-либо. [7]

Энергоэффективность на водном транспорте не только снижает потребление топлива, но и уменьшает выбросы парниковых газов, что, в свою очередь, способствует сохранению чистоты морей и океанов. Реализация инновационных решений, таких как использование альтернативных источников энергии, оптимизация маршрутов судов, а также внедрение современных систем управления и мониторинга, позволяет существенно повысить эффективность с точки зрения как экономических, так и экологических показателей.

Обеспечение энергосбережения также приводит к снижению эксплуатационных затрат, что делает перевозки более конкурентоспособными. Таким образом, инвестиции в энергосберегающие технологии на водном транспорте представляют собой не только актуальную, но и жизненно необходимую стратегию для достижения устойчивого будущего.

Технические аспекты распознавания потребителей

Технические аспекты распознавания потребителей играют ключевую роль в современном бизнесе, обеспечивая глубокое понимание потребительского поведения и предпочтений. Современные технологии, такие как машинное обучение и анализ больших данных, позволяют компаниям собирать обширную информацию о своих клиентах, включая их покупательские привычки, вкусовые предпочтения и взаимодействие с брендом. [2]

Системы распознавания потребителей могут использовать сенсоры и камеры, интегрированные в точки продаж, для определения эмоциональной реакции и настроения покупателя. Например, технологии распознавания лиц и анализа видео позволяют идентифицировать клиентов и адаптировать предлагаемые товары и услуги в реальном времени, создавая персонализированный опыт (рис. 3).

Интеграция искусственного интеллекта в CRM-системы также способствует более точной сегментации аудитории и предсказанию потребительских трендов. Адаптивные алгоритмы могут анализировать действия пользователей на разных платформах, позволяя компаниям предлагать релевантные продукты и услуги, что, в свою очередь, повышает уровень удовлетворенности клиентов и увеличивает объем продаж. [1]

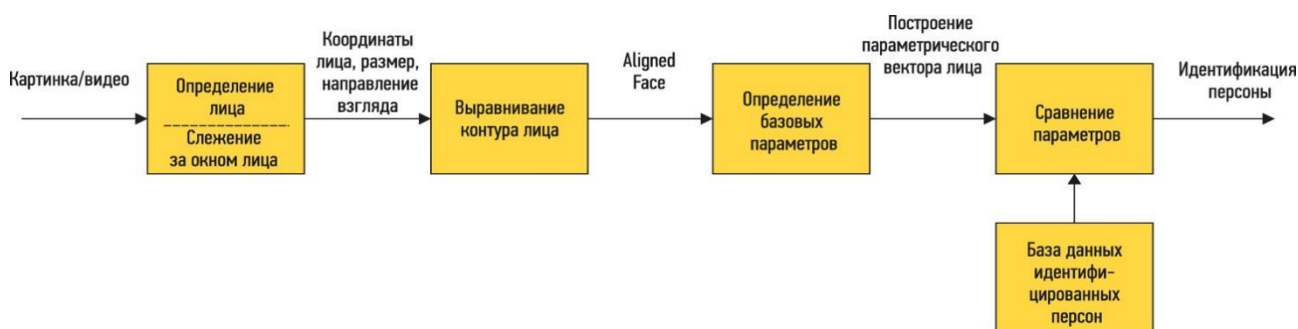


Рисунок 1 – Алгоритм распознавания лиц

Таким образом, технические аспекты распознавания потребителей не только улучшают бизнес-процессы, но и формируют стратегию взаимодействия с клиентами в условиях быстро меняющегося рынка.

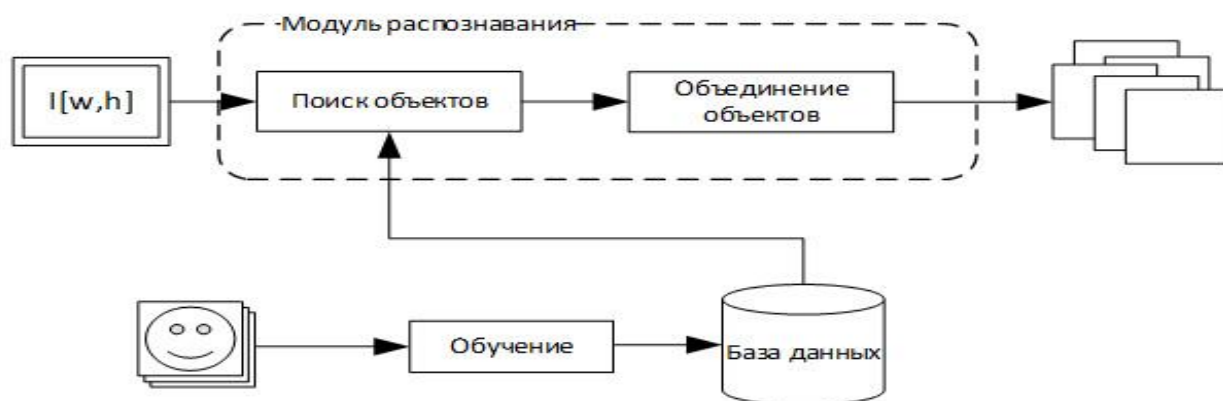


Рисунок 2 – Схема распознавания потребителей с применением технологии машинного обучения

Алгоритм распознавания потребителей с применением технологии машинного обучения состоит из следующих основных шагов: [8]

1. Сбор данных

- Сбор данных о потреблении энергии с помощью smart-счетчиков и IoT-устройств.
- Интеграция данных о погоде, времени суток, праздниках и других факторах, позволяет спрогнозировать пиковую загрузку энергоблоков, равномерно распределить выход на ремонт и замену, необходимость резервных мощностей и проектирование с учетом большего объема первичных данных. Консолидация всех указанных выше факторов позволяет повысить энергоэффективность как действующих энергоблоков так и проектируемых, в том числе при электроснабжении судов с берега, где количество мощностей (в зависимости от проекта) подключаемых судов различна и зависит от большого количества факторов.[3] При этом электроснабжение судов с берега во время стоянки в порту несет в себе экономическую, техническую и экологическую целесообразность.[4;5]

2. Предобработка данных

- Очистка данных: Удаление пропущенных и аномальных значений.
- Нормализация данных: Приведение данных к единому масштабу.
- Аугментация данных: Создание новых примеров на основе существующих для повышения разнообразия.

3. Выбор модели

- Выбор алгоритмов машинного обучения (например, линейная регрессия, деревья решений, случайный лес, градиентный бустинг).

4. Формирование признаков

- Создание признаков на основе дат и времени (например, час, день недели).
- Включение внешних факторов (например, температура, осадки).

5. Обучение модели

- Разделение данных на тренировочную и тестовую выборки.
- Обучение модели на тренировочных данных и настройка гипер-параметров.

6. Оценка модели

- Проверка качества модели на тестовых данных с использованием метрик (например, RMSE, MAE).

- Визуализация результатов.

7. Предсказание

- Применение обученной модели для предсказания потребления энергии в будущем.

8. Оптимизация потребления

- Разработка рекомендаций на основе предсказаний (например, изменение режима работы устройств).

- Моделирование сценариев для оценки воздействия изменений на потребление.

9. Мониторинг и улучшение

- Постоянный мониторинг результатов и эффективность принятия решений.

- Сбор новых данных для постоянного обновления модели.



Рисунок 3 – Алгоритм распознавания потребителей электроэнергии на водном транспорте

В условиях растущей необратимой необходимости в повышении энергоэффективности и рациональном использовании энергетических ресурсов, построение модели распознавания потребителей с применением технологий машинного обучения становится ключевым инструментом в этой области. Современные подходы к анализу больших

данных позволяют выявлять паттерны и предпочтения потребителей, что способствует лучшему пониманию их потребностей и привычек. [6]

Используя алгоритмы машинного обучения, можно осуществить глубокий анализ поведения пользователей, что в дальнейшем помогает адаптировать предложения поставщиков энергии к конкретным сегментам рынка. Внедрение таких моделей позволяет не только оптимизировать тарифы, но и разрабатывать персонализированные рекомендации по энергосбережению.

Дополнительно, технологии машинного обучения предоставляют возможность прогнозирования потребления энергии на основе исторических данных, что дает шанс избежать перегрузок энергосистемы и минимизировать потери. Таким образом, создание эффективной модели распознавания потребителей становится важным шагом к устойчивому энергетическому будущему, в котором высокая степень автоматизации и интеллектуальные решения обеспечат значительное сокращение энергозатрат и более рациональное использование ресурсов.

Влияние на повышение качества функционирования и повышение уровня энергоэффективности и энергосбережения за счет данной технологии

Влияние на повышение качества функционирования и повышение уровня энергоэффективности и энергосбережения за счет распознавания лиц на водном транспорте становится все более значимым аспектом в современном судоходстве. Интеграция технологий распознавания лиц позволяет не только оптимизировать процессы идентификации пассажиров, но и значительно улучшить безопасность на борту, что в свою очередь способствует более эффективному использованию ресурсов.

Внедрение таких систем может привести к уменьшению временных затрат на проверку документов и увеличению скорости обслуживания, что особенно актуально в условиях растущего спроса на международные перевозки. Совершенствование систем мониторинга и контроля доступа также актуально с точки зрения энергосбережения: использование автоматических систем позволяет снизить нагрузку на операторов, тем самым оптимизируя рабочие процессы.

К тому же, внедрение технологий для распознавания лиц может способствовать более эффективному управлению энергоресурсами на судне. Например, системы могут прогнозировать загрузку и оптимизировать работу потребителей энергии в зависимости от количества пассажиров, что в конечном итоге приводит к значительной экономии энергозатрат и повышению общей эффективности функционирования водного транспорта.

Направления дальнейшего повышения качества функционирования и повышение уровня энергоэффективности и энергосбережения на водном транспорте требуют всестороннего подхода, сочетающего инновационные технологии и устойчивые практики.

Во-первых, внедрение систем мониторинга и управления энергопотреблением позволит оптимизировать использование ресурсов, минимизируя потери. Установка датчиков и автоматизированных систем управления на судах будет способствовать более точному контролю за расходом энергии.

Во-вторых, акцент на использования альтернативных источников энергии, таких как солнечные и ветряные установки, может значительно снизить углеродный след. Разработка гибридных судов, совмещающих традиционные и новые виды топлива, создаст возможность для более эффективного использования энергетических ресурсов.

Третий аспект — это совершенствование материалов и конструкций судов. Использование легких, но прочных композитных материалов способствует уменьшению водоизмещения и, как следствие, снижению энергозатрат на передвижение.

Также важно повышать квалификацию экипажей, обучая их современным методам управления и эксплуатации судов с учетом энергосбережения. Таким образом, комплексный подход к модернизации структуры водного транспорта позволит достичь значительных улучшений в его функциональности и устойчивости.

Список литературы:

1. Бисгаймер, Е. Е. Повышение энергоэффективности и энергосбережение в быту / Е. Е. Бисгаймер, Ю. Н. Смирнов // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы : Материалы IV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, Армавир, 10–12 ноября 2022 года. – Армавир: ООО «Редакция газеты «Армавирский собеседник», 2022. – С. 193-199.
2. Гейгер, И. С. Энергоменеджмент как способ энергосбережения и повышения энергоэффективности / И. С. Гейгер, К. А. Колотова // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Кемерово, 07–09 декабря 2022 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. – С. 406-4064.
3. Иванов М.Н., Смыков Ю.Н. Электромагнитная обстановка в электрических сетях / Иванов М.Н., Смыков Ю.Н. // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2014. № 1-2. С. 252-255
4. Смыков Ю.Н., Сальников В.Г. Автоматизированный учет электроэнергии как критерий качественного функционирования электропередачи "берег - судно" / В сборнике: Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. 2014. С. 163-168
5. Смыков Ю.Н., Некрасов А.В., Иванов М.Н., Рыжаков В.В. Аспекты обеспечения безопасности и надёжности при электроснабжении судна с берега / В сборнике: Культура, наука, образование: проблемы и перспективы, материалы VI международной научно-практической конференции. 2017. С. 160-162
6. Звонарева, Д. Д. Способы повышения энергоэффективности в общественных зданиях и условия реализации проектов по энергосбережению / Д. Д. Звонарева // Студенческий вестник. – 2021. – № 10-3(155). – С. 40-41.
7. Полетаев, И. Ю. Формирование целей и задач новой государственной программы по энергосбережению и повышению энергоэффективности экономики РФ / И. Ю. Полетаев, И. С. Андрюшина // Вестник РАЕН. – 2023. – Т. 23, № 2. – С. 120-124.
8. Пузина, Е. Ю. Управление энергоэффективностью в Российской Федерации и разработка мероприятий по повышению энергоэффективности и энергосбережения в РФ / Е. Ю. Пузина, И. А. Сыромятников // Технико-экономические проблемы развития регионов : материалы научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 26–27 ноября 2020 года. Том Выпуск 23. – Иркутск: ИРНИТУ, 2020. – С. 202-205.



УДК 629.12.04

ЭВОЛЮЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ерофеев Валентин Леонидович¹, профессор кафедры судостроения и энергетических установок

e-mail: kaf_sdvs@gumrf.ru

Жуков Владимир Анатольевич¹, заведующий кафедрой судостроения и энергетических установок

e-mail: zhukovva@gumrf.ru

¹ Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В статье представлен анализ энергетических эпох человеческой цивилизации. Показано, как переход из одной энергетической эпохи в другую отражался на водном транспорте и изменял типы энергетических установок судов. Сделан вывод о том, что использование на транспортном флоте тепловых двигателей, использующих невозобновляемые энергетические ресурсы в настоящее время не имеет реальной альтернативы. В связи с этим остается актуальной задача повышения энергоэффективности судовых двигателей за счет использования вторичных энергетических ресурсов.

Ключевые слова: энергетические эпохи, транспортные суда, источники энергии, энергоэффективность, вторичные энергетические ресурсы.

THE EVOLUTION OF ENERGY CONSUMPTION IN WATER TRANSPORT

Erofeev Valentin Leonidovich¹, Professor of the Department of shipbuilding and power plants

e-mail: kaf_sdvs@gumrf.ru

Zhukov Vladimir Anatoljevich¹, Head of the Department of shipbuilding and power plants

e-mail: zhukovva@gumrf.ru

¹ Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint Petersburg, Russia

Abstract. The article presents an analysis of the energy epochs of human civilization. It is shown how the transition from one energy epoch to another affected water transport and changed the types of ship power plants. It is concluded that the use of heat engines using non-renewable energy resources in the transport fleet currently has no real alternative. In this regard, the task of increasing the energy efficiency of marine engines through the use of secondary energy resources remains urgent.

Keywords: energy epochs, transport vessels, energy sources, energy efficiency, secondary energy resources.

Человеческая цивилизация имеет многовековую историю и определенные законы своего развития. Человек стал формироваться как разумное существо в результате поиска возможностей, облегчить свою жизнь за счет использования источников энергии (Солнца, огня, ветра и т.д.) История человеческой цивилизации представляет собой историю поиска

и возможностей потребления энергетических ресурсов. Поиск новых энергетических ресурсов и создание способов их использования отразились на всех сферах жизни человечества.

В настоящее время сформирована всеобщая теория развития человеческой цивилизации, определяющая пять энергетических эпох, в состав каждой из которых входит несколько веков развития человеческой цивилизации. Традиционное распределение энергетических эпох по истории человеческой цивилизации представлены в таблице 1 [1].

Таблица 1

Традиционное распределение энергетических эпох по истории человеческой цивилизации

Эпоха мускульной энергетики	Эпоха механоэнергетики	Эпоха химической теплоэнергетики	Эпоха ядерной теплоэнергетики на невозобновляющихся ресурсах	Эпоха сбалансированной энергетики на возобновляющихся ресурсах
???...VIII-X в.н.э.	VIII-X ... XVIII в.в.	XVIII...XXI ??? в.в.	XXI ??? в.в....	XXI ??? в.в....

Первой энергетической эпохой является эпоха мускульной энергии, в течение которой работа, необходимая для существования (охота, земледелие, приготовление пищи) и путешествий (туристических, познавательных и коммерческих) производилась людьми, а позднее прирученными ими домашними животными, началась с появлением человечества и длилась до фиксации использования человеком дополнительных источников энергии.

Первая энергетическая эпоха характеризуется тем, что источником энергии служила химическая энергия пищи, превращающаяся в мускульную силу человека, а позже и прирученных животных. Тепловая энергия Солнца, а затем и огня использовалось для обогрева и бытовых нужд – приготовления пищи, выплавки металлов и т.п. В этой эпохе следует выделить период, когда мускульная сила приумножалась с помощью простых механизмов – рычага, ворота и т.п., а также период, когда огонь стали получать искусственно – трением. Последнее достижение человека за этот период следует считать принципиально важным в истории развития человечества. В течение первой энергетической эпохи невозобновляемые энергоресурсы накапливались, расходовались исключительно возобновляемые энергетические ресурсы – пища.

Применительно к водному транспорту отсутствуют достоверные сведения о первом человеке, использовавшем палку для управления лодкой, которое затем трансформировалось в весло. История не имеет сведений об использовании животных для использования для движения судов. На водном транспорте (судах, которые предусмотрены для перемещения пассажиров и грузов,) мускульная сила людей использовалась на протяжении нескольких веков.

Дальнейшее развитие человеческой цивилизации характеризуется использованием возобновляемых природных энергетических источников, прежде всего воды и ветра. Появляются первые ветряные и водяные мельницы – начинается эпоха механоэнергетики. На водном транспорте эта эпоха проявилась появлением парусов. Не известно, из чего был изготовлен первый парус, из пальмового листа или шкуры зверя, но в течение нескольких веков паруса выступали основными движителями судов, вначале помогая гребцам, а затем и окончательно заменив их. Существующие в настоящее время парусные суда используются как учебные, туристические, спортивные.

В XVII веке человечество стало использовать тепловую энергию – появились паровые машины, преобразующие в работу энергию сжигаемого топлива. Человечество вступило в эпоху химической теплоэнергетики. Данная эпоха, продолжающаяся в настоящее время, прошла несколько этапов, характеризующихся потреблением определенных видов топлива (энергетических ресурсов).

На раннем этапе применения тепловых двигателей на флоте в качестве топлива использовался каменный уголь, служивший основным энергетическим источником для стационарных и транспортных паровых машин. Первым судном с двигателем, работающем на каменном угле был «Пироскаф» (рис. 1), построенный в 1784 году. Последним крупным судном, работающем на каменном угле является пароход «Badger», построенный в 1955 году (рис. 2).



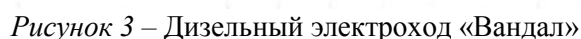
Рисунок 1 – Судно «Пироскаф»



Рисунок 2 – Пароход «Badger»

В конце XIX, начале XX веков основным видом топлива для тепловых двигателей, использовавшихся на транспорте, стали продукты переработки нефти. Процесс перехода флота на дизельные двигатели, работающие на жидком топливе нефтяного происхождения и роль в этом процессе выдающихся ученых Р. Дизеля и Г.В. Тринклера подробно описана в работах [2, 3].

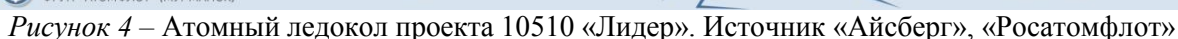
В 1904 – 1908 годы, в период создания первых дизельных теплоходов с дизелями нереверсивного типа, проблему маневрирования мощностью судна решали с помощью электрических или механических передач. Первый русский теплоход «Вандал» (рис. 3),



- расширением использования на флоте газового топлива [4, 5];
- повышением энергетической эффективности судовых двигателей за счет использования вторичных энергетических ресурсов [6-9].

Обе тенденции предопределены ужесточением экологических требований, предъявляемых к судовым энергетическим установкам по токсичности и дымности отработавших газов, стремлением уменьшить выбросы парниковых газов.

Данная проблема может быть кардинально решена если удастся перейти в эпоху ядерной теплоэнергетики на невозобновляющихся ресурсах. Применительно к флоту это означает широкое применение судов-атомоходов [10]. В настоящее время в России ведется активное строительство атомных ледоколов, наиболее современным из которых является «Лидер» (рис. 4).



Использование ядерных энергетических установок на транспортных судах в обозримом будущем маловероятно.

Целью человеческой цивилизации является переход в эпоху сбалансированной энергетики на возобновляющихся ресурсах, таких как энергия ветра, приливов, волн,

тепловая энергия океана, солнечная энергия, биотоплива. Научные исследования, направленные на использование таких ресурсов ведутся достаточно активно. Однако их результаты в настоящее время носят демонстрационный или рекламный характер вследствие огромных экономических затрат. Ярким примером судна, использующего исключительно возобновляемые энергетические ресурсы является яхта «Energy Observer» (рис. 5).



Рисунок 5 – Катамаран Energy Observer

<https://img.fuelcellsworks.com/wp-content/uploads/2018/12/Energy-Observer-with-Masts.jpg>

Катамаран представляет собой наиболее яркое проявление «зеленой энергетики» в судостроении. Основными источниками энергии являются солнце и ветер. На судне используются солнечные панели трёх видов общей площадью 165 м² и паруса площадью 32 м², размещенные на вращающихся на 360 градусов мачтах высотой 12 м [11]. При поднятых парусах катамаран движется вперёд, и вырабатывает электроэнергию с помощью гребных электродвигателей, которые работают в режиме генераторов. Для хранения выработанной электроэнергии предусмотрены две системы: краткосрочная и долгосрочная. Для краткосрочного хранения используются литий-ионные аккумуляторные батареи, для долгосрочного – водород. На Energy Observer водород производится из морской воды методом электролиза. Морская вода очищается, опресняется и разлагается на кислород и водород. Потребление водорода на Energy Observer происходит с помощью электрохимического генератора, в топливных элементах которого химическая энергия водорода преобразуется в электрическую и тепловую. Основными потребителями энергии являются два электродвигателя, которые позволяют судну длиной 30 м развивать скорость до 12 узлов.

Проведенный анализ эволюции энергопотребления на водном транспорте позволяет определить перспективные направления развития судовой энергетики и сделать вывод, что в обозримом будущем транспортный флот продолжит оставаться в эпохе химической теплоэнергетики и задачи повышения энергоэффективности судовых двигателей, прежде всего, за счет использования вторичных и дополнительных источников энергии сохранят свою актуальность.

Список литературы:

1. Ерофеев В.Л. История развития судовой энергетики. – СПб.: СПГУВК, 2011. – 108 с.
2. Матвеев Ю.И. Развитие и распространения дизелей в России. К 100-летию русской привилегии Г.В. Тринклера на дизельный двигатель / Ю.И. Матвеев, Е.И. Андрусенко. – Н. Новгород: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2010. – 148 с.
3. Матвеев Ю.И. История создания двигателя внутреннего сгорания. Двигатель Рудольфа Дизеля / Ю.И. Матвеев, О.Е. Андрусенко, С.Е. Андрусенко. – Н. Новгород: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2023. – 211с.
4. Zhukov V.A. Prospects of Use Gas Engines on Sea and River Vessels / V. A. Zhukov, I. I. Kostylev, A. A. Ivanchenko, O. K. Bezyukov // Proceedings of the 2018 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies", IT and QM and IS 2018, St. Petersburg, 24–28 сентября 2018 года. – St. Petersburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. – P. 287-289. – DOI 10.1109/ITMQIS.2018.8525103.
5. Безюков, О. К. Газомоторное топливо на водном транспорте / О. К. Безюков, В. А. Жуков, О. И. Яценко // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2014. – № 6(28). – С. 31-39.
6. Управление энергоэффективностью объектов морской техники и судовых двигателей внутреннего сгорания / В. Л. Ерофеев, В. А. Жуков, О. В. Мельник [и др.]. – Санкт-Петербург : ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова», 2018. – 184 с.
7. Ерофеев, В. Л. О возможностях использования вторичных энергетических ресурсов в судовых ДВС / В. Л. Ерофеев, В. А. Жуков, О. В. Мельник // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2017. – Т. 9, № 3. – С. 570-580.
8. Брежнев, В. И. Возможности использования вторичных энергетических ресурсов в судовых энергетических установках / В. И. Брежнев, В. А. Жуков // Современные тенденции практической подготовки в морском образовании : материалы III национальной научно-практической конференции. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2022. – С. 48-52.
9. Жуков, В. А. Ресурсы повышения энергоэффективности судовых энергетических установок / В. А. Жуков, И. Л. Пересецкий // Актуальные проблемы морской энергетики : Материалы одиннадцатой международной научно-технической конференции. СПб.: ФГБОУ ВО «СПГМТУ», 2022. – С. 203-206.
10. Жуков, В. А. Судовые ядерные энергетические установки как средство предотвращения загрязнения окружающей среды / В. А. Жуков, А. П. Нечай // Сборник научных статей национальной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО "ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова". – СПб.: ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова», 2022. – Т.1. – С. 130-133.
11. Судовая энергоустановка на водороде. Как работает транспорт будущего [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dzen.ru/a/XQoctfcyvQCxVRfI>. Дата обращения 25.12.2024

УДК 620.17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРИТИРКИ СТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ПАРЫ РОЛИК-КОЛОДКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Иванчик Сергей Николаевич¹, старший преподаватель кафедры Теории корабля, судостроения и технологии материалов

e-mail: tksitm.isn@yandex.ru

Губин Евгений Сергеевич¹, канд. техн. наук, доцент кафедры Судовых энергетических установок,

e-mail: e.v.gubin@nsawt.ru

Сибриков Дмитрий Александрович¹, канд. техн. наук, заместитель директора Института инженерных и цифровых технологий,

e-mail: sibrikov@nsawt.ru

Тельцов Дмитрий Сергеевич¹, учебный мастер кафедры Судовых энергетических установок

e-mail: telcov.dmitrii@mail.ru

¹ Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

Аннотация. Экспериментальный способ и результаты определения оптимального промежутка времени, необходимого для приработки поверхностей образцов при проведении триботехнических испытаний

Ключевые слова: триботехнические испытания, притирка образцов, коэффициент трения скольжения

DETERMINING THE DURATION OF RUNNING IN STEEL SAMPLES OF THE ROLLER-BAD PAIR WHEN CARRYING OUT TRIBOTECHNICAL TESTS

Ivanchik Sergey Nikolaevich¹, Senior Lecturer at the Department of Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology.

e-mail: tksitm.isn@yandex.ru

Gubin Evgeniy Sergeevich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Marine Power Plants

e-mail: e.v.gubin@nsawt.ru

Sibrikov Dmitry Alexandrovich¹, Candidate of Technical Sciences, Deputy Director of the Institute of Engineering and Digital Technologies

e-mail: sibrikov@nsawt.ru

Teltsov Dmitry Sergeevich¹, training master of the Department of Marine Power Plants

e-mail: telcov.dmitrii@mail.ru

¹ Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia

Abstract. Experimental method and results of determining the optimal period of time required for running-in of sample surfaces during tribological tests.

Keywords: tribological tests, grinding in samples, sliding friction coefficient.

Введение

Основные потери энергии в различных механизмах связаны с наличием трения. В результате трения механическая энергия переходит в теплоту и рассеивается в окружающей среде, что приводит к снижению эффективности работы устройства. Доля механических потерь может варьироваться в широком диапазоне. Кроме тепловых потерь, в результате трения меняется и геометрия трущихся поверхностей [1], деталь изнашивается, а срок ее службы сокращается. Следовательно, поиск методов снижения трения [2, 3] является актуальной задачей [4]. Количественной характеристикой трения являются момент трения и коэффициент трения.

Актуальность работы подтверждается отсутствием данных о времени притирки образцов при условии добавки в масло сфероидизированных частиц карбида вольфрама с добавками кобальта и хрома: WC-10Co-4Cr (WC – 86%; Co – 10%; Cr – 4%). Предполагается, что сферическая форма частиц керамики, имеющая высокую твердость, может при определенных условиях оказать положительное влияние на снижение коэффициента трения.

Подготовка эксперимента

Испытания проводятся по стандартной методике определения коэффициента трения, реализованной в машине трения типа МИ-1 с диаметром ролика 76 мм. Погрешность шкальных приборов составляет ± 1 мм. В ходе испытаний измерялись момент трения и температура масла, а так же рассчитывался коэффициент трения. Для проведения эксперимента было использовано полусинтетическое моторное масло отечественного производства с характеристиками, соответствующими SAE 10W-30. Расчетная схема установки приведена на рисунке 1. Измерение температуры масла в ванне производилось техническим стеклянным термометром типа ТТ6М с пределами измерения 0-200 °С, точностью отсчета и погрешностью измерений ± 2 °С. Измерения крутящего момента производились после стабилизации температуры масла.

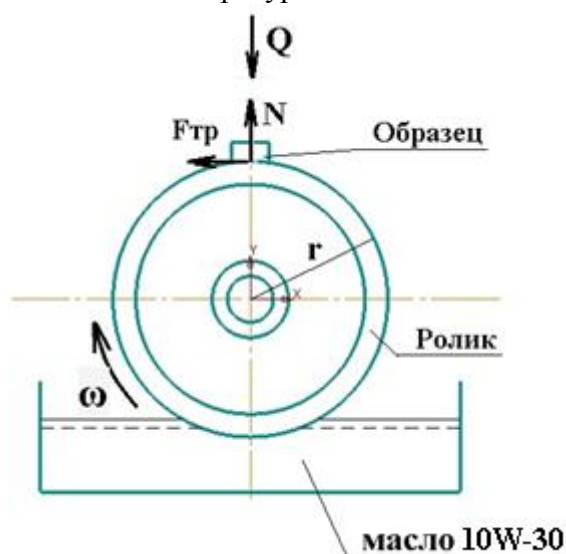


Рисунок 1 – Принципиальная схема машины трения типа МИ-1 [5]

Проведение триботехнических испытаний требует измерения коэффициента трения и момента трения. Они зависят от материалов, технологии проведения испытания (ролик-ролик, ролик-колодка, ролик-втулка и т.д.), усилия на поверхности контакта. После установки колодки в суппорт и запуска установки, в течение некоторого времени перед измерениями требуется приработка поверхностей.

В данной работе приведены экспериментальные данные по определению продолжительности приработки контактирующих поверхностей образцов из следующих материалов: сталь 45 ГОСТ 1050-88 (ролик) и серый чугун СЧ-25 ГОСТ 1412-85 (колодка). Такая пара материалов моделирует сопряжение поршневое кольцо – цилиндровая втулка, зубчатое зацепление. При исследованиях трения в зубчатых зацеплениях возможно также применить пару сталь – сталь или другие варианты исходя из материалов изготовления зубчатых колес.

Характер изменения скорости износа трущихся деталей известен (рисунок 2). Наибольшая скорость изнашивания наблюдается в первоначальном I и конечном III отрезках периода эксплуатации. Это утверждение подтверждается рядом источников [6, 7], есть попытки определения расчетным способом интенсивности износа сопряжений и деталей машин при различных видах контактов [8, 9]. В начальный период I происходят процессы приработки или притирки рабочих поверхностей. При этом уменьшается шероховатость трущихся поверхностей, уменьшаются силы и коэффициенты трения. На всей протяженности основного периода II скорость изнашивания гораздо меньше, чем в начальный и конечный отрезок времени. На III этапе жизни скорость изнашивания начинает увеличиваться и к моменту окончания жизненного цикла изделия достигает максимальных значений.

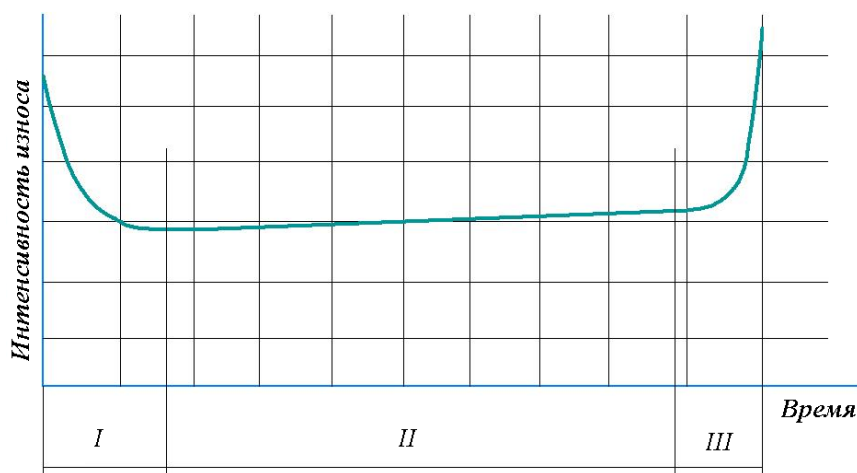


Рисунок 2 – Изменение скорости изнашивания от времени

Скорость изнашивания может быть определена по уменьшению массы деталей трения или по уменьшению линейных размеров образца. В первом случае можно воспользоваться формулой

$$I_m = \frac{\Delta m}{m_0}, \quad (1)$$

где Δm – изменение массы трущегося образца,
 m_0 – масса образца до проведения испытаний.

Во втором случае

$$I_l = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad (2)$$

где Δl – изменение линейного размера испытываемого образца,
 l_0 – масса образца до проведения испытаний.

Проведение эксперимента

Исследования проводились при нагрузке 760 Н, что соответствует установленному грузу 50 кг (минимальное значение допускаемое измерительной машиной). Давление на поверхность образца при этом составляет 7630 кПа. При более высоких нагрузках, в связи с более высоким трением, изнашивание трущихся поверхностей происходит более интенсивно.

Проведение испытаний

Результаты измерения момента сопротивления приведены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1

Результаты измерения момента сопротивления			
Время, мин	Момент сопротивления, Нм	Время, мин	Момент сопротивления, Нм
0	0,31	30	0,27
0	0,38	90	0,25
0	0,32	90	0,32
2	0,28	255	0,28
5	0,3	270	0,25
10	0,36	310	0,24
20	0,28	380	0,27

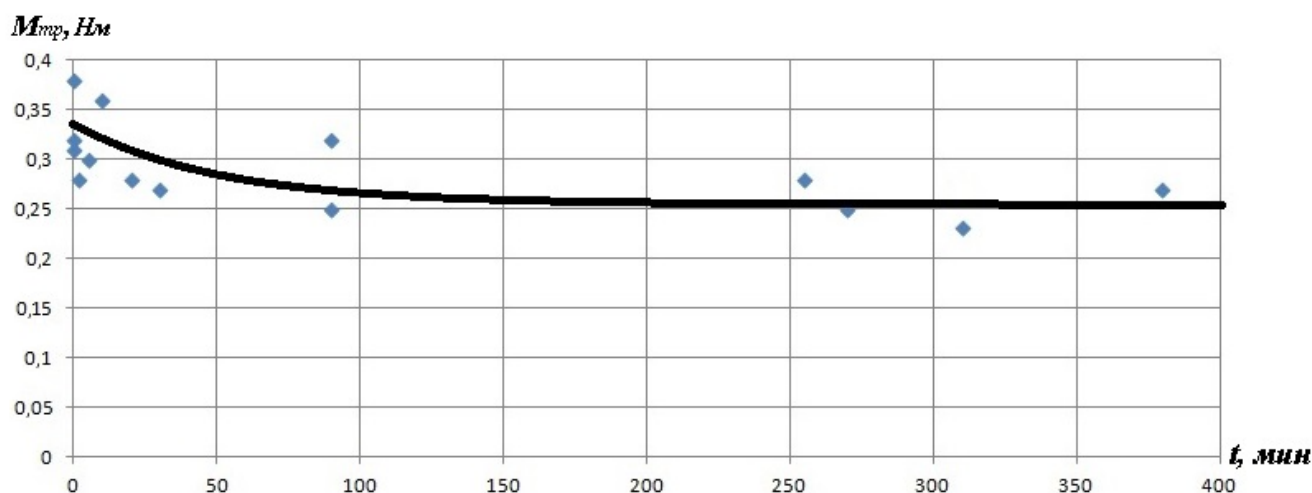


Рисунок 3 – Результаты измерения момента трения

После проведения обработки полученных результатов была получена аппроксимационная зависимость $M_{тр} = f(t)$ с величиной достоверности 0,993.

$$M_{тр} = -2,00 \cdot 10^{-13} \cdot t^5 + 1,98 \cdot 10^{-10} \cdot t^4 - 8,28 \cdot 10^{-8} \cdot t^3 + 1,65 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 - 0,00174 \cdot t + 0,3406, \quad (3)$$

Дифференцирование полученного выражения

$$\frac{dM_{тр}}{dt} = -10,00 \cdot 10^{-13} \cdot t^4 + 7,92 \cdot 10^{-10} \cdot t^3 - 24,8 \cdot 10^{-8} \cdot t^2 + 3,3 \cdot 10^{-5} \cdot t - 0,00174 \cdot t, \quad (4)$$

Условием стабилизации момента трения будет

$$\frac{dM_{тр}}{dt} \Rightarrow 0, \quad (5)$$

Результаты расчета по формуле (4) приведены в таблице 2 и на рисунке 4.

Таблица 2

Результаты расчета изменения момента сопротивления

Время, мин	$\frac{dM_{тр}}{dt} 10^2$	Время, мин	$\frac{dM_{тр}}{dt} 10^2$
0	-0,174	200	-0,011
25	-0,105	225	-0,009
50	-0,061	250	-0,005
75	-0,035	275	-0,001
100	-0,020	300	0,003
125	-0,014	325	0,004
150	-0,012	350	-0,001
175	-0,012	375	-0,017

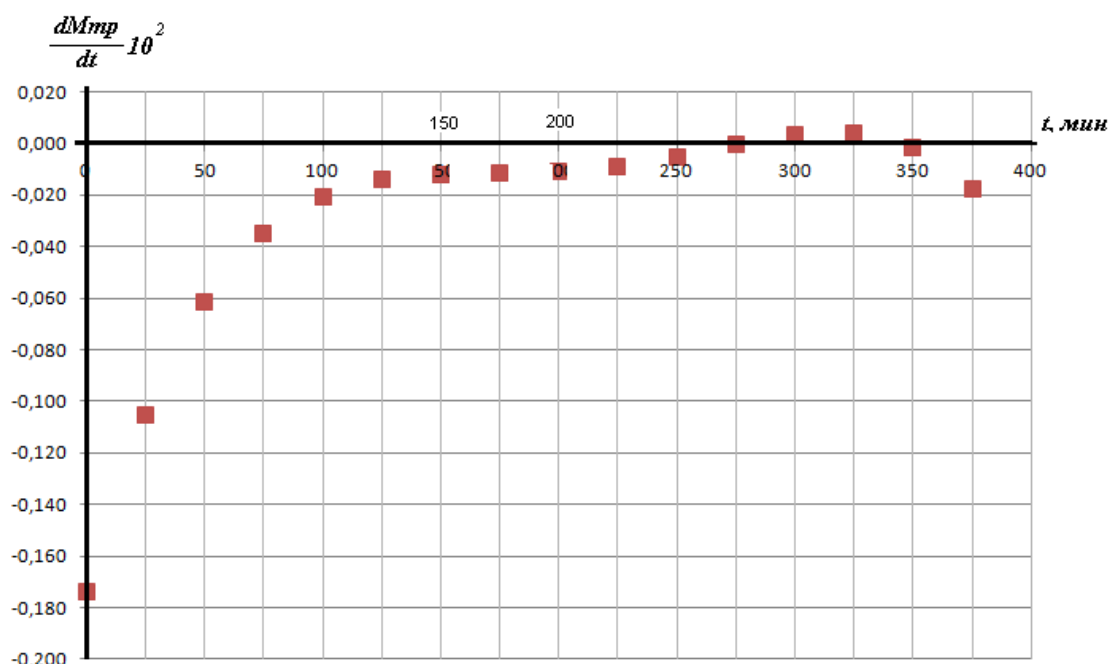


Рисунок 4 – Зависимость скорости изменения момента трения от времени притирки

Выводы

В соответствии с полученными результатами, следует отметить, что сильное изменение момента трения происходило ориентировочно в течение первых 150 минут. Затем скорость изменения момента трения существенно снижается и практически стабилизируется через 270 минут. Тем не менее, учитывая незначительные изменения момента в промежутке от 150 до 270 минут представляется допустимым проведение притирки образцов в случае изучения сил трения в рассматриваемых условиях в течение 150 минут.

Список литературы:

1. Кирдяйкин, И. Д. Проблемы триботехники и методы снижения трения в тяжело нагруженных парах / И. Д. Кирдяйкин, И. Ю. Быков, Т. В. Бобылева // Рассохинские чтения : Материалы международной конференции. В 2-х частях, Ухта, 07–08 февраля 2019 года. – Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2019. – С. 200-203. – EDN COVTBD.

2. Дедов, Д. А. Методы снижения трения / Д. А. Дедов, П. С. Востриков // Современные научно-практические решения в АПК : материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 23 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2023. – С. 26-31. – EDN GKUCER.

3. Болотов, Д. Б. Снижение механических потерь в ДВС / Д. Б. Болотов, В. Д. Бурдыкин // Молодежный вектор развития аграрной науки : Материалы 70-й научной студенческой конференции, Воронеж, 01 февраля – 01 2019 года / Воронежский государственный аграрный университет. Том Часть I. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. – С. 408-411. – EDN THPYGF.

4. Экспериментальное исследование ресурса цилиндропоршневой группы судовых двигателей внутреннего сгорания при использовании различных смазочных композиций / В. А. Чанчиков, И. Н. Гужвенко, Н. В. Прямухина [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2022. – № 3. – С. 69-76. – DOI 10.24143/2073-1574-2022-3-69-76. – EDN SXNSXZ.

5. Изучение влияния добавки мелкодисперсного порошка карбида вольфрама на антифрикционные свойства смазочных материалов / Е. С. Губин, Д. А. Сибриков, С. В. Титов [и др.] // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2024. – № 2(408). – С. 169-176. – EDN XMOOHN.

6. Остапчук, А. К. Технологическое обеспечение параметров шероховатости поверхности катания колесной пары после механической обработки / А. К. Остапчук, А. Г. Михалищев, Е. М. Кузнецова // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2015. – № 2. – С. 73-86. – EDN UBPVBV.

7. Рубан, И. Н. Исследование причин отказов цилиндропоршневой группы среднеоборотных двигателей / И. Н. Рубан, В. П. Булгаков // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2020. – № 3. – С. 64-70. – DOI 10.24143/2073-1574-2020-3-64-70. – EDN NZJCTB.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022612267 Российская Федерация. Программа расчёта износа сопряжений и деталей машин : № 2022611217 : заявл. 31.01.2022 : опубл. 09.02.2022 / В. Ю. Букреев, В. Г. Козлов, А. В. Скрыпников [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – EDN VODDAF.

9. Карпенко, М. А. Влияние условий эксплуатации на изменение параметров износа сопряжений ДВС / М. А. Карпенко, А. В. Морозов, Г. В. Карпенко // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 11(293). – С. 33-35. – DOI 10.33267/2072-9642-2021-11-33-35. – EDN HIVIOO.

УДК 621.436

МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРЫШКИ ЦИЛИНДРА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Кулагин Андрей Владимирович¹, научный сотрудник
e-mail: Ku199121@mail.ru

¹ Научно-исследовательский институт (Военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации) Военной академии материально-технического обеспечения ВС РФ, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Форсировка дизельных двигателей по мощности ведет к росту тепловых и механических напряжений в деталях, образующих камеру сгорания. Вопросы оценки и прогнозирования напряженно-деформированного состояния этих деталей машин, приобретают особую значимость и представляют как практический, так и научный интерес.

Изучены факторы, определяющие надежность на примере безотказности крышки цилиндра дизельного двигателя. Сделан ряд выводов как об характере образования теплового потока, так и теплообмена в крышке цилиндра, а так же, об напряжениях, в ней возникающих.

Ключевые слова: дизельный двигатель, камера сгорания, крышка цилиндра.

MODEL OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE CYLINDER COVER OF A DIESEL ENGINE

Kulagin Andrey Vladimirovich¹, Research associate
e-mail: Ku199121@mail.ru

¹ Scientific Research Institute (Military System Research of Material and Technical Support of the Armed Forces of the Russian Federation) Military Academy of Logistics of the Armed Forces of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Boosting diesel engines by power leads to an increase in thermal and mechanical stresses in the parts forming the combustion chamber. The issues of assessing and predicting the stress-strain state of these machine parts are of particular importance and are of both practical and scientific interest.

The factors determining reliability have been studied using the example of the reliability of the cylinder cover of a diesel engine. A number of conclusions have been drawn both about the nature of the formation of heat flow and heat transfer in the cylinder cover, as well as about the stresses arising in it.

Keywords: diesel engine, combustion chamber, cylinder cover.

Введение. Проблемы обеспечения надежной работы деталей машин при повышении их мощностных показателей и в первую очередь за счет форсирования широко обсуждаются в специальной литературе [1-4]. Цель исследований – поиск путей сохранения эксплуатационных свойств основных деталей машин. Особенно актуален этот вопрос для транспортных дизелей, которые работают в большом диапазоне нагрузок,

могут использовать различные, в том числе отличные от государственного стандарта Российской Федерации топлива и т.д.

Особую значимость последнее время приобретают исследования напряженно-деформированного состояния деталей, образующих камеру сгорания (КС). Это обусловлено стремлением производителей с одной стороны форсировать двигатель, а с другой стороны борьбой за сокращение массогабаритных показателей.

Обсуждение вопроса. Максимальные тепловые напряжения в двигателе испытывают детали, образующие КС. При этом, распределение мощности транспортных дизелей носит случайный характер [5]. Следовательно, прогнозная модель эксплуатации любой детали будет иметь вероятностный характер. Оставив за рамками статьи сохранение надежности за счет увеличения толщины деталей и изменения прочности применяемых материалов, как конструктивные способы сохранения прочности деталей, рассмотрим эксплуатационную часть жизненного цикла одной из наиболее термонагруженных деталей – крышки цилиндра (КЦ).

В период эксплуатации надежность КЦ претерпевает ряд изменений. Во время этапов приработки и износа она уменьшается, а во время нормальной эксплуатации – повышается. С точки зрения эксплуатирующих органов наибольший интерес представляет свойство надежности – безотказность. Согласно ГОСТ Р 27.102-2021 [6] под безотказностью понимают свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или наработки при заданных режимах и условиях применения. Количественной характеристикой безотказности является вероятность безотказной работы $P(t)$ на заданном временном интервале t [7]:

$$P(t) = P\{\xi > t\}, t \geq 0 \quad (1)$$

где ξ – время работы до первого отказа.

Поскольку функция $P(t)$ монотонно убывает по экспоненте, достаточно по заданной вероятности определить ξ . Следовательно, для решения задачи по сохранению надежности, необходимо уменьшить рост показательной функции, характеризующей $P(t)$.

У двигателей нет необходимости рассматривать полностью материал КЦ. Достаточно рассмотреть огневое днище, то есть прослойку материала между продуктами горения в КС и охлаждающей жидкостью. Модель огневого днища КЦ выполняют в программном комплексе ANSYS. Полученные результаты приведены на рис. 1.

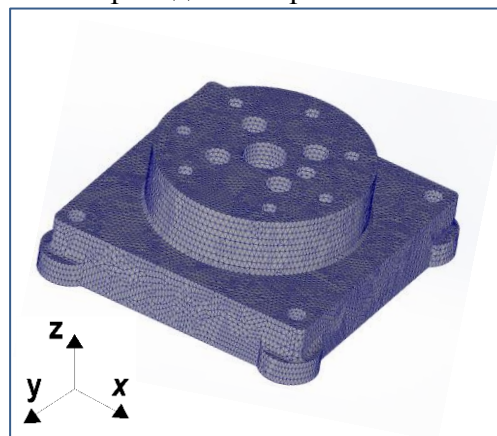
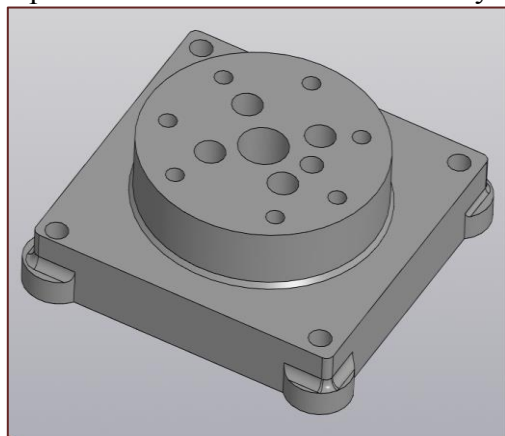


Рисунок 1 – Модели огневого днища крышки цилиндра дизельного двигателя типа Д42 (для примера 6ЧН30/38): а) твердотельная, б) конечно-элементная

Применение комплекса ANSYS. позволяет найти наиболее нагруженную точку в пространстве КЦ. Поскольку в качестве примера приведена КЦ 6ЧН30/38, изготовленная

из легированного медью серого чугуна, то диаграмма деформирования будет иметь вид петли механического гистерезиса, рис.2.

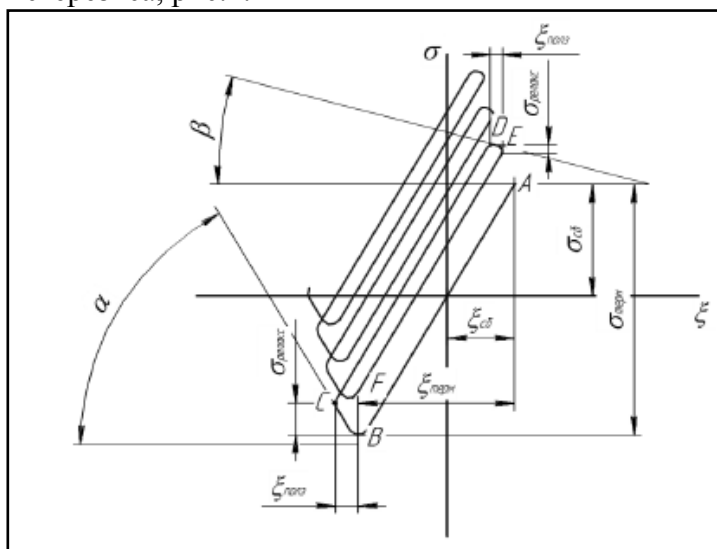


Рисунок 2 – Диаграмма деформирования (механического гистерезиса) при термоциклировании материала крышки цилиндра: А – начальные (механические) напряжения в КЦ; В – точка максимальных напряжений; ВС – линия релаксации упругих напряжений; BE – линия остывания металла; α и β – углы релаксации и ползучести. Индексы: *сб* – сборочные (механические) напряжения; *релакс* – релаксационные напряжения; *темп.* – температурные напряжения; *полз.* – напряжения ползучести

В теории двигателей тепловую напряженность принято оценивать величиной стационарного теплового потока $q_{ст}$, который характеризуется количеством тепла Q , переданным через единицу площади F [8].

$$q_{ст} = Q / F \quad (2)$$

Где количество тепла, переданного в систему охлаждения от одного цилиндра рассчитывается из следующей зависимости:

$$Q = \frac{b_e N_{эц} Q_n q_{охл}}{3600} \quad (3)$$

где b_e – удельный расход топлива, кг/(кВт ч);

$N_{эц}$ – эффективная мощность цилиндра, кВт;

Q_n – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

$q_{охл}$ – тепловой поток воспринимаемый системой охлаждения, кВт/м².

Классическим методом оценки напряженно-деформируемого состояния, является оценка напряжений и прогнозируемого износа по теплоте, воспринятой деталями КС от рабочего тела и переданной в систему охлаждения [9].

$$\Delta Q = \Delta t \left[\int_{F_n} \alpha_n (T - T_n) dF_n + \int_{F_k} \alpha_k (T - T_k) dF_k + \int_{F_c} \alpha_c (T - T_c) dF_c \right] \quad (4)$$

где ΔQ – количество теплоты, воспринятое деталями камеры сгорания от рабочего тела за время Δt , кДж;

ΔF – площадь поверхностей, деталей образующих камеру сгорания и соприкасающихся с рабочим телом, состоит из площадей поршня – F_p , крышки цилиндра – F_k , втулки цилиндра – $F_{ц}$, m^2 ;

q_{Σ} – плотность суммарного теплового потока, кВт/ m^2 ;

α_{Σ} – суммарный коэффициент теплоотдачи, здесь он представлен как суммы коэффициентов конвективной теплоотдачи и теплообмена излучением, кВт/($m^2 \cdot K$);

T – температура рабочего тела, $^{\circ}K$.

$T_p, T_k, T_{ц}$ – температуры соответственно поршня, крышки цилиндра, со стороны детали, $^{\circ}K$.

Предложенный способ, хотя и является довольно трудоёмким, позволяет получать хорошие результаты расчетов. В последующем тепловые потоки представляются в виде тепловых напряжений в декартовой системе координат.

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{E}{1-\nu} [\varepsilon_T + zK_T - \alpha_T(T - T_0)] \quad (5)$$

где E – изотермический модуль упругости;

ν – коэффициент Пуассона;

z – координата по толщине пластины;

α_T – средний коэффициент линейного теплового расширения в интервале температур $T - T_0$;

ε_T – температурная деформация;

K_T – температурный коэффициент.

$$\varepsilon_T = \frac{1}{h} \int_{-h/2}^{h/2} \alpha_T(T - T_0) dz \quad K_T = \frac{12}{h^3} \int_{-h/2}^{h/2} \alpha_T(T - T_0) z dz \quad (6)$$

где h – толщина пластины, м.

Рассмотренный способ позволяет аналитически оценить износ деталей (в частности КЦ) на разной стадии эксплуатации. Благодаря точности оценки состояния материала, с учетом влияния на износ КЦ различных факторов можно планировать различные стратегии эксплуатации, а так же мероприятия по ремонту.

Список литературы:

1. Мягков Л.Л. и др. Исследование напряженно-деформированного состояния крышки цилиндра высокофорсированного дизельного двигателя / Л.Л. Мягков // Известия высших учебных заведений. Машиностроение №2 [659] 2015 стр.42-52;
2. Гоц А.Н. Методика расчета теплонапряженного состояния головки цилиндра тракторного дизеля / А.Н. Гоц // Вестник науки и образования Северо-Запада России Т.1, №1 стр.1-7;
3. Онищенко Д.О., Панкратов С.А. Моделирование теплового состояния крышки цилиндра и клапанов дизеля / Д.О. Онищенко, С.А. Панкратов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». №4 2013. стр.94-108;
4. Рябко Е.В. Анализ механизма разрушения крышек цилиндров и методы повышения их долговечности / Е.В. Рябко // Материалы Международной научно-практической конференции Транспорт: наука, образование, производство ("ТРАНСПОРТ-2024") Воронеж, 2024 С. 221-226;

5. Анисимов А.С., Сквородников Е.И., Чулков А.В. Вероятностная модель формирования режимов работы тепловозных дизель-генераторных установок в эксплуатации / А.С. Анисимов, Е.И. Сквородников, А.В. Чулков – Известия Транссиба №4(16) 2013, С.2-8;

6. ГОСТ Р 27.102-2021 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения, М 2021 с. 35;

7. Кравченко, Е.Г., Схиртлидзе, А.Г. Надежность технических систем в машиностроении : учебное пособие / Е.Г. Кравченко, А.Г. Схиртлидзе. – Старый Оскол : ТНТ, 2016. – 152 с.;

8. Захаров Г.В. Техническая эксплуатация судовых дизельных установок. Учебник. М.: ТрансЛит, 2009. – 256 с., ил.;

9. Рабочие процессы и динамика двигателей внутреннего сгорания / В.А. Путятинский, В.Н. Ченцов, В.О. Сайданов, А.В. Дергачев, В.С. Корчинский, В.В. Божко, СПб, ВИ(ИТ), 2013 – 483 С.



УДК 62-242.3

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ К ВОДОРОДНОМУ ИЗНАШИВАНИЮ

Курицын Сергей Юрьевич¹, Ассистент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок

e-mail: Kuritsynnsergey@yandex.ru

Матвеев Юрий Иванович¹, Доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой эксплуатации судовых энергетических установок

e-mail: maveevseu@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Совершенствование двигателей внутреннего сгорания происходит в связи с необходимостью повышения его технико-экономических показателей. Процесс развития судового дизеля сопровождается изменениями параметров рабочего цикла, заключающиеся в увеличении давления и температуры. В связи с этим увеличивается нагрузка на детали двигателя. Помимо эксплуатационных нагрузок, детали дизеля подвергаются различному виду износа, одним из которых является водородное изнашивание. Данный тип разрушения напрямую зависит от температуры и давления. Чем выше рабочие параметры двигателя, тем интенсивнее разрушается металл. Водородному изнашиванию наиболее подвержены детали цилиндропоршневой группы – втулка цилиндра и поршневые кольца. Помимо работы при высоких температурах и давлении, поршневые кольца работают в условиях граничного трения. Масляный слой между трущимися деталями из-за своей малой толщины не устойчив и его разрушение приводит к сухому трению. В районе контакта, от взаимодействия трущихся деталей без смазки, происходит увеличение температуры, вплоть до образования сварных точек, вследствие чего увеличивается диффузия водорода в поверхность металла. Исходя из изложенного необходимо исключить возможность появления сухого трения, для уменьшения влияния водорода на металл. Одним из способов устранения сухого трения является предложенное новое кольцевое уплотнение. В его состав входят два поршневых кольца установленных в одну первую поршневую канавку и конструктивно доработанное поршневое кольцо, установленное во вторую штатную поршневую канавку.

Ключевые слова: износ, коррозия, водородное изнашивание, поршневые кольца, двигатель, трение, смазка, втулка цилиндра, детали цилиндропоршневой группы.

INCREASING THE RESISTANCE OF PARTS OF THE CYLINDER PISTON GROUP OF MARINE DIESEL ENGINES TO HYDROGEN WEAR

Kuritsyn Sergey Yuryevich¹, assistant of the Department of Ship power plants

e-mail: Kuritsynnsergey@yandex.ru

Matveev Yuri Ivanovich¹, Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Operation of Ship Power Plants

e-mail: tranhorizpublic@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Internal combustion engines are being improved due to the need to improve their technical and economic performance. The process of development of marine diesel is accompanied by changes in the parameters of the working cycle, consisting in an increase in pressure and temperature. This increases the load on the engine parts. In addition to operational loads, diesel engine parts are subject to various types of wear, one of which is hydrogen wear. This type of fracture directly depends on temperature and pressure. The higher the operating parameters of the engine, the more intensively the metal is destroyed. The parts of the cylinder piston group, the cylinder sleeve and piston rings, are most susceptible to hydrogen wear. In addition to operating at high temperatures and pressures, piston rings operate under boundary friction conditions. The oil layer between the rubbing parts is unstable due to its small thickness and its destruction leads to dry friction. In the contact area, from the interaction of friction parts without lubrication, the temperature increases, up to the formation of weld points, resulting in increased diffusion of hydrogen into the metal surface. Based on the above, it is necessary to exclude the possibility of dry friction in order to reduce the effect of hydrogen on the metal. One of the ways to eliminate dry friction is the proposed new O-ring seal. It consists of two piston rings installed in one first piston groove and a structurally modified piston ring installed in the second regular piston groove.

Keywords: wear, corrosion, hydrogen wear, piston rings, engine, friction, lubrication, cylinder sleeve, cylinder piston group parts.

Увеличение уровня надёжности двигателя внутреннего сгорания является одной из приоритетных задач дизелестроения. Совершенствование двигателя сопровождается увеличением мощностных характеристик, при этом ограничиваются его размеры. Данное обстоятельство характеризуется повышением температур и давления в камере сгорания двигателя. Соответственно надёжность дизеля будет зависеть от двух основных факторов. Первый прежде всего зависит от людей, эксплуатирующих данное оборудование. К данному фактору, приводящего к уменьшению ресурса дизеля [1], можно отнести:

- не своевременное техническое обслуживание;
- отсутствие контроля за работой дизеля;
- не правильный выбор режимов работы двигателя, соответствующим условиям эксплуатации;
- использование видов и качества топлив, не подходящих для двигателя.

Второй фактор зависит от внешних условий среды. Высокая температура и давление увеличивают термонапряжённость деталей цилиндропоршневой группы при этом являются катализатором для проявления коррозионной деструкции. Существует довольно большое количество коррозионных разрушений известных на сегодняшний день. К одному из наиболее ярких процессов разрушения поверхности деталей двигателя можно отнести водородное изнашивание, которое протекает в условиях высоких температур и повышенного давления. Разрушению этого вида подвержены такие материалы как сталь и чугун, являющимися основой для изготовления деталей цилиндропоршневой группы. Водород является одним из самых распространённым химическим элементом, поэтому он может находится и как в самих деталях, попадая туда на стадии их изготовления, так и в окружающей среде (топливо, смазочное масло, вода) при эксплуатации. В детали двигателя водород может попасть при выплавке, сварке, термической обработке и в процессе нанесения различных покрытий на металл.

Дополнительно необходимо отметить, что водород является перспективным источником энергии, теплота сгорания которого равна 120 МДж/кг. Данная величина практически в 2,5-3 раза превышает величину теплоты сгорания применяемых на сегодняшний день сортов топлив на судах. Использование водорода не вредит

окружающей среде, и он является возобновляемым источником энергии. Внедрение водородного топлива является основной задачей многих конструкторских бюро. Ярким тому примером служит спуск судна проекта 00393 в августе 2024 года на водородном топливе, построенным на Зеленодольском судостроительном заводе (см. рисунок 1).



Рисунок 1 – Судно на водородном топливе.

Соответственно выбирая перспективный источник энергии, мы увеличиваем возможности водородного разрушения. Поэтому для предотвращения данного вида износа необходимо изучить все аспекты, связанные с его появлением.

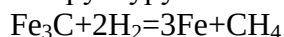
Существует большое количество исследований, связанных с изучением водородного изнашивания [2,3], благодаря которым выявлена природа возникновения и принцип действия. Атом водорода, в связи с чрезвычайно малыми размерами, имеет способность проникать в структуру металла, поэтому определить износ по внешним признакам невозможно. Диффундируя в поверхность металла, водород накапливается, создавая напряжение в районе его дислокации. В металле можно выделить несколько основных районов, где происходит концентрация атомов водорода:

- микротрещины;
- на границе зёрен;
- полости;
- некогерентные и когерентные выделения;
- при блистеринге.

При достижении критической концентрации, из-за расклинивающего действия, происходит разрушение поверхностных слоёв.

Водородное изнашивание можно разделить на две составляющие. Первая – это водородная хрупкость, которая возникает на поверхности металла при небольших температурах с отсутствием бурных химических реакций. Износ происходит при температуре не превышающей 200°C водородом в чистом виде, либо водородом, получившимся из технологических процессов, как побочный продукт. Механизм разрушения сводится к тому, что атомы водорода проникают в имеющие повреждённые участки на поверхности металла (микротрещины). Накапливаясь со временем, создают избыточное давление в них, что приводит к неизбежному разрушению поверхностного слоя. Вторая – это водородная коррозия, протекающая при более высоких температурах и давлении, при которой происходит химическое взаимодействие атомов водорода с металлом как на поверхности деталей, так и затрагивая более глубокие слои. Данное разрушение приводит к необратимым процессам, изменяя механические свойства материала. При водородной коррозии происходит внедрение атомов водорода в структуру металла, где они взаимодействуют с углеродом, поглощая его. Обезуглероживание приводит к уменьшению прочности металла с последующим его разрушением, образуя новые соединения. Скорость поглощения водорода металлом напрямую зависит от температуры поверхностного слоя, поэтому его максимальная концентрация находится в наиболее нагретых местах.

Втулка цилиндра и поршневые кольца – это детали, которые наиболее подвержены как водородному охрупчиванию, так и водородной коррозии. При воспламенении горючей смеси в камере сгорания температура достигает до 2000°C, а давление сгорания при этом может достигать 8,0-13МПа [4], что создаёт благоприятные условия для возникновения водородного изнашивания. Помимо условий, вызванных рабочим процессом двигателя, при сгорании топлива, водородное изнашивание усиливается от сил трения, возникающих от взаимодействия деталей друг с другом. Поршневые кольца и втулка цилиндра являются парой трения, от которой зависит работа двигателя в целом. Благодаря плотному прилеганию рабочей поверхности поршневого кольца к стенке цилиндра, обеспечивается герметичность камеры сгорания. Плотность прилегания прежде всего зависит от собственной силы упругости кольца [5] прижимающей тело кольца к «зеркалу» втулки цилиндра. В процессе работы на такте «сжатие» и на такте «расширение» происходит повышение давления в камере сгорания, которое усиливает давление прижима компрессионного кольца к стенке втулки цилиндра и как следствие возникает увеличение силы трения. Поршневые кольца работают в условиях граничной смазки, особенно первое поршневое кольцо, поскольку высокая температура усиливает испарение масла с поверхности втулки цилиндра и делает его менее вязким, что уменьшает его способность адгезии к рабочим поверхностям. Граничная смазка определяется минимально возможной толщиной масляной плёнки, не достигающей размеров двух, трёх молекул масла. Масляный слой такой толщины не устойчив, и разрушаясь приводит к появлению сухого трения, что недопустимо в работе двигателя. Одной из причин вызывающей явное разрушение масляного слоя является «сдувание» масла с поверхности втулки цилиндра через тепловой зазор («замок») компрессионного кольца. «Замок» поршневого кольца является необходимым элементом конструкции, поскольку его наличие обеспечивает не только беспрепятственную установку на поршень и его демонтаж с поршня, но и обеспечивает компенсацию расширения тела кольца от нагрева, исключая его поломку во время работы. «Сдувание» масляной плёнки со стенки втулки цилиндра происходит за счёт перемещения воздуха на такте «сжатие» и отработавших газов на такте «расширение» через тепловой зазор, которое происходит по причине разности давлений над кольцевым пространством и под ним. Движение газов происходит с большой скоростью и высокой температуре, что приводит к однозначному удалению слоя смазки с поверхности втулки цилиндра в районе «замка». Взаимодействие трущихся элементов при сухом трении увеличивает температуру поверхности металла, вплоть до появления точечных мостиков сварки в районе контакта [6], провоцируя более интенсивное внедрение водорода в его структуру:



Наличие водорода обусловлено присутствием жидких и газообразных продуктов сгорания топлива.

Поскольку водородное изнашивание напрямую зависит от температуры в зоне контакта трущихся элементов, то одной из основной задачей для уменьшения диффузии водорода в металл, является максимально возможное понижение температуры. Сухое трение является одним из основных источников повышения температуры, соответственно необходимо в процессе работы двигателя его исключить.

Одной из причин возникновения сухого трения является наличие «замка» поршневого кольца и его устранение невозможно, соответственно необходимо исключить его негативное воздействие. Также требуется обеспечить более интенсивное и равномерное смазывание рабочей поверхности втулки цилиндра и поршневого кольца. «Сдуванию» масляной плёнки с поверхности втулки цилиндра через «замок» компрессионного кольца можно воспрепятствовать, применив новое кольцевое уплотнение [7], состоящее из двух

поршневых колец, установленных в первую поршковую канавку. За счёт разнесения «замков» при монтаже на 180° , мы полностью блокируем возможность проникновения газов под поршневые кольца. А во вторую поршковую канавку установить компрессионное кольцо с небольшими доработками конструкции. Одна из доработок отвечает за равномерное распределение масляного слоя на поверхности втулки цилиндра. Вторая необходима для более интенсивной подачи масла на рабочие стенки втулки цилиндра. Доработки конструкции отображены на рисунке 2.

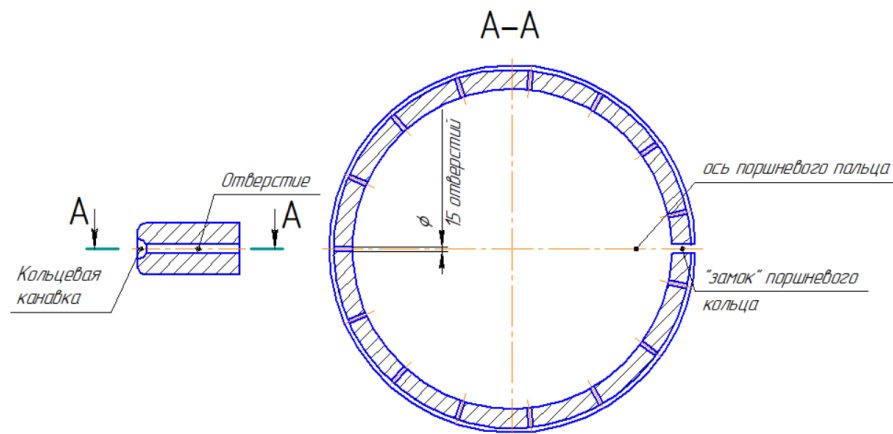


Рисунок 2 – Конструкционные доработки поршневого кольца, устанавливаемого во вторую штатную канавку поршня.

Как видно из рисунка за равномерность распределения масла на поверхности втулки цилиндра отвечает кольцевая канавка, проточенная по всему периметру рабочей поверхности. За интенсивность подачи масла отвечают отверстия, которые выполняют функции накопительных ёмкостей. Размеры канавок и отверстий зависят от размеров компрессионных колец, и их необходимо уточнять для каждого случая в отдельности, чтобы не уменьшить прочностных характеристик колец.

Заключение

Для повышения стойкости к водородному изнашиванию можно применить несколько способов:

1. Необходимо применять материалы, для изготовления деталей цилиндропоршневой группы, с возможностью противодействия наводороживанию. Например, добавление в сталь таких элементов как хром и ванадий затрудняют проникновение водорода в структуру металла;
2. Снижение содержания водорода при изготовлении деталей. Необходимо использовать технологии, которые позволяют исключить водород в процессе изготовления (выплавке) и использовать способы его снижения уже на готовых деталях (термообработка);
3. Исключить повышение температуры в зоне контакта поверхностей металла при трении. Для выполнения данного требования, предложен способ с использованием нового уплотнения деталей цилиндропоршневой группы. Новое кольцевое уплотнение, состоит из двух компрессионных колец, установленных в одну поршковую канавку и одного поршневого кольца с изменённой конструкцией, установленное во вторую штатную поршковую канавку. Данное решение позволяет уменьшить вероятность появления сухого трения, из-за которого увеличивается температура в зоне контакта. Вследствие чего, применимость нового кольцевого уплотнения позволяет уменьшить воздействие водорода на металл.

4. Для уменьшения водородного изнашивания можно применять смазочное масло с присадками, позволяющими исключить возникновение химических реакций с водородом или как минимум кратно уменьшить.

Список литературы:

1. Матвеев, Ю. И. Повышение работоспособности судовых дизелей в условиях эксплуатации / Ю. И. Матвеев, М. Ю. Храмов, С. Ю. Курицын // Развитие энергетики водного транспорта, информационных и энергосберегающих технологий : сборник материалов I Всероссийской конференции, Астрахань, 12–13 декабря 2023 года. – Астрахань: Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. – С. 124–131.
2. Овчинников, И. И. Влияние водородосодержащей среды при высоких температурах и давлениях на поведение металлов и конструкций из них / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников // Интернет-журнал Науковедение. – 2012. – № 4(13). – С. 95.
3. Мухаметшина, Р. М. Водородное изнашивание деталей дорожно-строительных машин / Р. М. Мухаметшина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4(34). – С. 334–338.
4. Басуров, В. М., Клевцов В.С. Устройство и работа поршневых ДВС : учебное пособие / В. М. Басуров, В. С. Клевцов ; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. - Владимир : Изд-во ВлГУ, 2020. – 131 с.
5. Матвеев, Ю. И. Методики определения эпюры давлений поршневых компрессионных колец судовых дизелей / Ю. И. Матвеев, С. Ю. Курицын // Транспорт. Горизонты развития : Труды 3-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 14–16 июня 2023 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. – С. 17.
6. Крагельский, И.В. и др. Основы расчетов на трение и износ. – М. «Машиностроение». – 1977. – 526с.
7. Повышение эффективности уплотнений деталей цилиндропоршневой группы судовых дизелей / Ю. И. Матвеев, М. Ю. Храмов, В. В. Колыванов, С. Ю. Курицын // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2023. – № 3. – С. 49–55. – DOI 10.24143/2073-1574-2023-3-49-55.

УДК 656.6

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ПРИСАДКИ ВОДОРОДА В ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

Кутепова Людмила Михайловна¹, к.п.н., доцент кафедры электромеханических объектов водного транспорта

e-mail: masa_m@bk.ru

Тимофеев Виталий Никифорович¹, доцент, д.т.н., заведующий кафедрой электромеханических объектов водного транспорта

e-mail: timofeev.vitaly2010@yandex.ru

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», г. Казань, Россия

Аннотация. Совершенствование дизельных двигателей судна возможно путем улучшения организации смесеобразования и сгорания. Интенсификация процесса сгорания дизельного топлива достигается путем присадки водорода к топливу. Это позволяет улучшить условия смесеобразования и сгорания дизельного топлива. Благодаря чему достигается экономия топлива, снижается теплонапряженность, дымность и токсичность отработавших газов, что повышает экологическую безопасность.

Ключевые слова: дизельное топливо, судовые двигатели внутреннего сгорания, водород, присадки к топливу.

INCREASING THE ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF MARINE ENGINES BY ADDING HYDROGEN TO DIESEL FUEL

Kutepova Liudmila Mikhailovna¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

e-mail: masa_m@bk.ru

Timofeev Vitaly Nikiforovich¹, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: timofeev.vitaly2010@yandex.ru

¹Institute of Maritime and Inland Shipping named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyataev, Kazan, Russia

Abstract. Improvement of ship diesel engines is possible by improving the organization of mixture formation and combustion. Intensification of the combustion process of diesel fuel is achieved by adding hydrogen to the fuel. This improves the conditions of mixture formation and combustion of diesel fuel. Due to this, fuel economy is achieved, heat stress, smoke and toxicity of exhaust gases are reduced, which increases environmental safety.

Keywords: diesel fuel, marine internal combustion engines, hydrogen, fuel additives.

Совершенствование судовых двигателей внутреннего сгорания возможно путем улучшения организации смесеобразования и сгорания. Смесеобразование, оказывающее непосредственное влияние на закон тепловыделения, протекает под воздействием двух основных факторов: газодинамического состояния заряда и способа впрыскивания топлива. С целью интенсификации процесса сгорания дизельного топлива могут быть использованы различные присадки к топливу. Использование водорода в качестве присадки к дизельному топливу позволяет улучшить условия смесеобразования и сгорания дизельного топлива, благодаря чему достигается экономия топлива, снижается теплонапряженность, дымность и токсичность отработавших газов (ОГ).

Устройство для присадки к топливу водорода представлено на рис. 1.

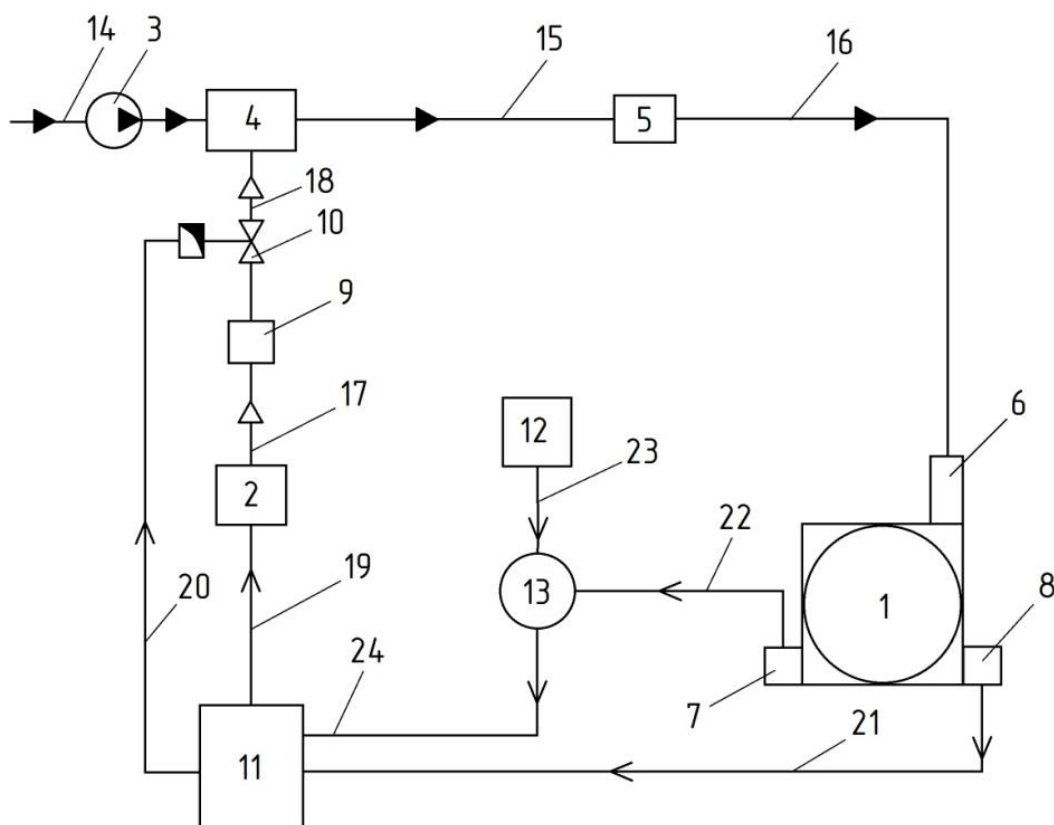


Рисунок 1 – Устройство для присадки водорода в топливо: 1 – дизель; 2 – генератор водорода; 3 – топливopодкачивающий насос; 4 – смесительная камера; 5 – топливный насос высокого давления; 6 – форсунка; 7 – датчик нагрузки; 8 – тахогенераторный датчик; 9 – накопительная камера водорода; 10 – электрический регулирующий клапан; 11 – электронный блок управления; 12 – задатчик; 13 – блок сравнения; 14 – канал транспортировки топлива; 15 – канал транспортировки топливной смеси: топлива и водорода; 16 – канал подачи топливной смеси: топлива и водорода под большим давлением в форсунку; 17, 18 – каналы подачи водорода; 19, 20 – каналы подачи электроэнергии; 21, 22, 23, 24 – каналы подачи электрических сигналов

После запуска дизеля 1 тахогенераторный датчик 8 подает электрический сигнал по каналу 21 на блок управления 11, который начинает работать. При этом установленный генератор водорода 2, потребляя электрический ток, начинает расщеплять дистиллированную воду на молекулы водорода и кислорода, происходит получение водорода. Блок управления 11, который связан с датчиком нагрузки 7 через блок сравнения 13 в зависимости от нагрузки, например, величины эффективной мощности P_e , подает необходимую энергию на генератор водорода 2, в котором получают нужное

количество водорода, например до 10 % от массы потребляемого топлива. Далее водород через электрический регулирующий клапан 10 и канал 18 подается в смесительную камеру 4, где смешивается с дизельным топливом.

Рассмотрим более подробно, что представляет собой смесительная камера. Смесительная камера (рис. 2) содержит патрубок топливный 2, который имеет сужение в конце патрубка, газовый патрубок 3 тоже имеет сужение, расширяющийся патрубок 4, камеру 1.

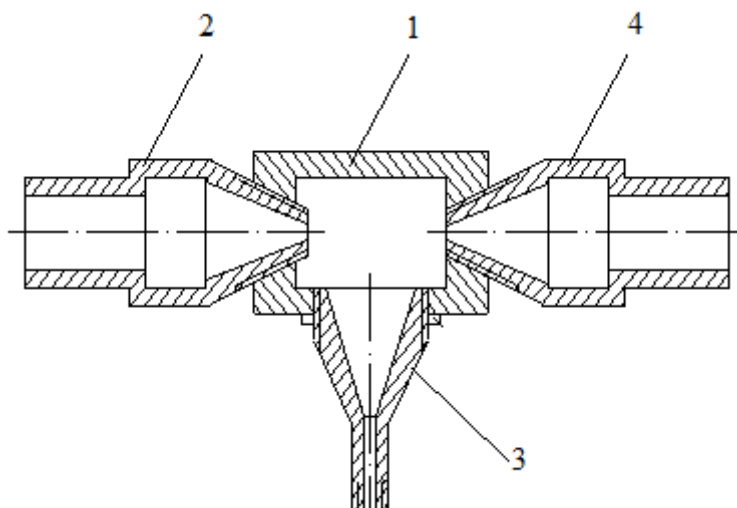


Рисунок 2 – Смесительная камера: 1 – камера; 2, 4 – канонические топливные патрубки; 3 – канонический газовый патрубок

Сечение патрубка 2 по длине уменьшается, в результате чего при движении топлива по этому патрубку увеличивается его скорость. Кинетическая энергия при этом возрастает, достигая наивысшего значения на выходе топлива из патрубка 2 в камеру 1. Повышение кинетической энергии топлива обуславливает понижения давления в камере 1; под влиянием разности давлений в камере 1 и в патрубке 3, водород из патрубка захватывается струей топлива, вытекающей с большой скоростью из патрубка 2. В смесительной камере происходит как физическая, так и химическая абсорбция водорода в дизельном топливе. При низких температурах наибольшую роль играет быстрая физическая абсорбция. Поэтому большое значение для обоснования теоретических предпосылок той или иной модели процесса абсорбции имеет знание скоростей хемосорбции и физической абсорбции применительно к конкретным условиям схемы насыщения дизельного топлива водородом на дизеле с учетом конкретных давлений, температур и располагаемого времени процесса.

Полученная смесь поступает в расширяющийся патрубок 4; транспортируется конвективными потоками по каналу 15 топливной системы и через насос высокого давления 5, канал 16, форсунку 6 поступает в цилиндр дизеля 1. Водород сгорает в 10 раз быстрее, чем обычное дизельное топливо. Поэтому, когда топливная смесь попадает в камеру сгорания дизеля 1, там происходит более быстрая реакция воспламенения, и все топливо сгорает полностью. Это приводит к заметному сокращению вредных выхлопов, особенно сажи и угарного газа, существенно увеличивается топливная эффективность силового агрегата, и немного возрастает его мощность.

Поскольку процесс горения этого топливной смеси происходит более полно, чем в обычном дизеле, то мощность и вращающий момент в дизеле немного увеличиваются. Тем самым достигается столь желанный экономический эффект, экономия топлива составит до 10%.

В целом система очень безопасна, хотя водород — взрывоопасный газ. Генератор водорода 2 является доказанным эффективным техническим решением, позволяющим уменьшить расходы на топливо и вредное воздействие на окружающую среду. Если какие-нибудь неполадки будут обнаружены, то блок управления 11 сразу перекроет регулирующий клапан подачи водорода 10 в смесительную камеру 4 (рис.1). После остановки дизеля 1 сигнал от тахогенераторного датчика 8 перестает поступать на блок управления 11, который останавливает работу генератора водорода 2.

Таким образом, присадка водорода в топливную систему дизеля в небольших количествах – до 0,1% от массы топлива может быть использована как эффективное средство улучшения рабочего процесса ДВС. Дизелю, использующему водород как присадку к дизельному топливу, свойственен низкий уровень выбросов токсичных компонентов, так как основным продуктом сгорания водорода является водяной пар. Выделяется лишь сравнительное небольшое количество оксидов азота NO_2 . Но при этом, смещая подачу водорода в цилиндры в сторону процесса расширения, можно реализовать цикл с подводом теплоты при постоянном давлении, снизить максимальные температуры сгорания, уменьшить концентрацию NO_2 в ОГ, снизить уровень шума и повысить КПД на режимах частичных нагрузок, что приводит к улучшению технико-экономических и экологических показателей дизеля на всех режимах его работы.

Список литературы:

1. Патент № 2168641. Устройство для присадки водорода в топливо двигателя внутреннего сгорания / Тимофеев В.Н., Тузов Л.В., Данилов И.П., Алатырев М.С., Ильгачев А.Н., Кузьмин А.К., Тимофеев Д.В., Шалунова Н.Б. /Опубл. 10.06.2001. – URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/bf/49/01/1dd99a6fa7bab9/RU2168649C1.pdf> (дата обращения 10.12.2024).
2. Кутепова Л.М., Труфакин М.Ю. Модернизация топливной системы буксира-толкача класса "О" проект № 749-Б // Актуальные проблемы и перспективы развития системы отраслевого транспортного образования: сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции. – Казань, 2024. – С. 85-90. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68573519> (дата обращения 10.12.2024).
3. Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов (ППЗС) (утв. Приказом ФАУ "Российский Речной Регистр" от 12.10.2015 N 38-п). – М.: Российское Классификационное Общество, 2022.
4. Тимофеев В.Н., Кутепова Л.М., Тимербулатова И.Р., Чукаев Д.О. Совершенствование систем судовых двигателей внутреннего сгорания // Традиции, современное состояние и перспективы развития системы транспортного образования: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 119-летию со дня образования ИМРФ имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева - КФ ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – Казань, 2023. – С. 129-133. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60015003> (дата обращения 12.12.2024).
5. Ребрушкин М.Н., Васильев С.А., Пачурин Г.В. Повышение экологичности работы судов внутреннего и смешанного плавания // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6-1. – С. 167-172 – URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=29959> (дата обращения: 26.12.2024).

УДК 621.433

ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА НА СУДАХ

Логинова Маргарита Вячеславовна^{1,3}, аспирант, помощник главного конструктора
e-mail: m.loginova@aorumo.ru

Князев Александр Сергеевич^{2,3} - аспирант, инженер-конструктор 2 категории
e-mail: oss-nn@mail.ru

Крючков Анатолий Эдуардович^{2,3}, аспирант, инженер-конструктор 2 категории
e-mail: tolya.kryuchkov.1999@mail.ru

Андрусенко Сергей Евгеньевич^{1,3} доцент кафедры ЭСЭУ, заместитель главного конструктора по ДВС
e-mail: s.andrusenko@aorumo.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

²Нижегородский Государственный Технический Университет (НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

³АО «РУМО»

Аннотация: В условиях возрастающего внимания к проблемам изменения климата и загрязнения окружающей среды, экологические нормы, регулирующие выбросы вредных веществ с судов, оказывают существенное воздействие на рынок речных и морских перевозок. Одним из основных источников выбросов с судов является использование дизельного и тяжёлого топлива, содержащих оксиды азота и серы. Эти выбросы строго регламентируются национальными и международными стандартами. В статье рассмотрены перспективы применения газового топлива на судах водного транспорта речного и морского регионов плавания. Приведены требования по снижению выбросов токсичных веществ с отработавшими газами судовых газовых двигателей и дизелей в соответствии с международными экологическими конвенциями. Проанализированы особенности использования газового топлива в судовых энергетических установках, рассмотрены виды газового топлива, применяемого в двигателях внутреннего сгорания, особенности его применения, хранения на судне и влияние на работу двигателя. Произведена количественная оценка выбросов вредных веществ двигателей, работающих на жидком судовом топливе, судовом дизеле и сжиженном природном газе (СПГ). Исследовано понятие «декарбонизация» в рамках современных экологических трендов и влияние декарбонизации на окружающую среду и судовую инфраструктуру. Сделаны выводы о перспективах перехода судовых энергетических установок на газовое топливо. Произведена оценка преимуществ использования СПГ в качестве альтернативного топлива для судовых энергетических установок.

Ключевые слова: Декарбонизация, газовое топливо, газовый двигатель, экологические нормы, СПГ, низкоуглеродное развитие, СЭУ, топливный баланс.

FEATURES AND PROSPECTS OF GAS FUEL APPLICATION ON SHIPS

Loginova Margarita Vyacheslavovna^{1,3}, PhD student, Assistant Chief Designer
e-mail: m.loginova@aorumo.ru

Knyazev Alexander Sergeevich^{2,3} - postgraduate student, design engineer of the 2nd category
e-mail: oss-nn@mail.ru

Kryuchkov Anatoly Eduardovich^{2,3}, postgraduate student, design engineer of the 2nd category
e-mail: tolya.kryuchkov.1999@mail.ru

Andrusenko Sergey Evgenievich^{1,3}, Associate Professor of the EMPP Department, Deputy Chief Designer for Internal Combustion Engines
e-mail: s.andrusenko@aorumo.ru

¹ Volga State University of Water Transport"

² Nizhny Novgorod State Technical University NSTU named after R.E. Alekseev

³ JSC "RUMO"

Abstract: In the context of increasing attention to the problems of climate change and environmental pollution, environmental regulations governing emissions of harmful substances from ships have a significant impact on the river and sea transportation market. One of the main sources of emissions from ships is the use of diesel and heavy fuels containing oxides of nitrogen and sulfur. These emissions are strictly regulated by national and international standards. The article considers the prospects of using gas fuel on vessels of water transport in river and sea navigation regions. The requirements for reducing emissions of toxic substances from the exhaust gases of marine gas engines and diesel engines in accordance with international environmental conventions are given. The features of the use of gas fuel in marine power plants are analyzed, the types of gas fuel used in internal combustion engines, the features of its use, storage on the ship and the impact on engine operation are considered. A quantitative assessment of emissions of harmful substances from engines running on liquid marine fuel, marine diesel and liquefied natural gas (LNG) has been carried out. The concept of "decarbonization" is investigated within the framework of modern environmental trends and the impact of decarbonization on the environment and ship infrastructure. Conclusions are drawn about the prospects for the transition of marine power plants to gas fuel. The advantages of using LNG as an alternative fuel for marine power plants have been assessed.

Keywords: Decarbonization, gas fuel, gas engine, environmental standards, LNG, low-carbon development, MPP, fuel balance.

Введение

Международная морская организация (ИМО) ведет разработку и внедрение в правовое поле международных правил и стандартов в области предотвращения загрязнения с судов. В соответствии с первоначальной стратегией ИМО, «углеродная интенсивность» судов должна быть сокращена по сравнению с показателями 2008 года на 40% к 2030 году и на 70% к 2050 году [1].

Для достижения этих целей судоходные компании вынуждены искать альтернативные источники энергии для судов. Одним из наиболее перспективных направлений является использование газовых топлив [2].

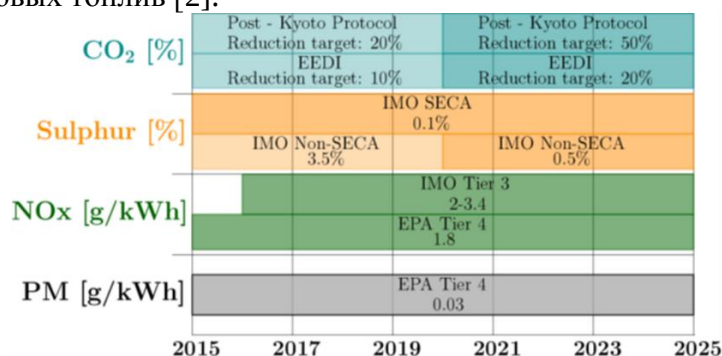


Рисунок 1 – Динамика изменений ограничения выбросов вредных веществ

В 2020 году вступили в силу изменения, введённые Международной морской организацией (ИМО), касающиеся снижения уровня допустимых выбросов серы при использовании судами нефтяного топлива. Ранее этот показатель составлял 3,5%, теперь он составляет 0,5% (рис. 1) [3].

Для зон контроля загрязнения (ЕСА), которые включают в себя определённые морские районы были введены более строгие нормы выбросов (рис. 2). В ЕСА уровень допустимых выбросов серы был снижен до 0,1%.

К зонам контроля загрязнения относятся следующие морские районы:

- Балтийское и Северное моря;
- Прибрежные районы США и Канады;
- Карибский морской район США.

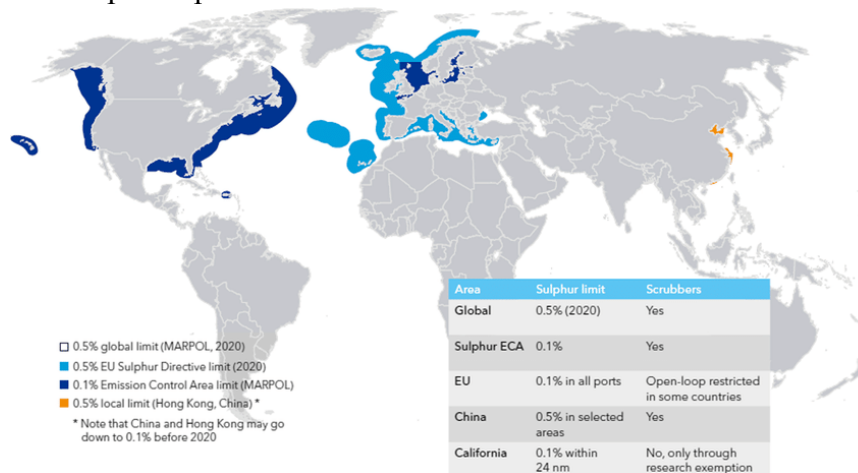


Рисунок 2 – Зоны контроля загрязнений ЕСА

Эти меры были приняты для минимизации негативного воздействия судов на окружающую среду.

Декарбонизация

Декарбонизация водного транспорта является важным шагом в борьбе с изменением климата. Она направлена на снижение выбросов углекислого газа (CO₂), который является основной причиной глобального потепления.

Переход к низкоуглеродному развитию в морском и речном транспорте подразумевает использование более экологичных видов топлива, таких как природный газ, биодизель, водород и электричество. Эти виды топлива имеют низкое содержание углерода или вообще не содержат его, что позволяет снизить выбросы CO₂ и других вредных веществ в атмосферу.

Одним из способов декарбонизации водного транспорта является использование судов, работающих на природном газе. Природный газ является более чистым видом топлива по сравнению с традиционным мазутом, который используется сегодня на большинстве судов. Однако, переход на природный газ требует значительных инвестиций в инфраструктуру и оборудование. Цель перехода состоит в том, чтобы уменьшить и в дальнейшем свести к нулю выбросы парниковых газов, которые приводят к климатическим изменениям и влияют на жизнедеятельность человека

1 ноября 2022 года вступили в силу поправки к Приложению VI к Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов [4]. В них содержится требование к судам ежегодно уменьшать свою углеродную интенсивность, а именно – объемы выбросов парниковых газов в атмосферу.

Применение газового топлива

Применение газового топлива в судовых энергетических установках имеет ряд преимуществ перед применением других видов топлива. Во-первых, газ является более экологичным выбором, поскольку при его сгорании выделяется меньше вредных веществ, таких как оксиды азота и серы, углекислый газ и другие. Это способствует снижению загрязнения окружающей среды.

Во-вторых, использование газового топлива может быть экономически выгодным. Газ обычно дешевле других видов топлива, таких как нефть или дизельное топливо, поэтому применение этого вида топлива может снизить затраты на эксплуатацию судов. Кроме того, газовые установки могут быть более эффективными и иметь более высокий КПД, что также может привести к снижению расходов на топливо.

С другой стороны, переход на газовое топливо связан с определенными проблемами и ограничениями. Требуется создание соответствующей инфраструктуры для заправки судов газом, что может потребовать инвестиций. Кроме того, актуален вопрос обеспечения безопасности газовых установок и хранилищ газа на судах.

Тем не менее, ужесточение законодательства относительно норм выбросов вредных веществ является стимулом для перехода на более экологичные виды топлива, такие как газ (рис. 3).

Выбросы	Тяжелое жидкое топливо	Судовой дизель	СПГ
SO _x	0,049	0,003	незначительно
CO ₂	3,114	3,206	2,750
CH ₄	незначительно	незначительно	0,051
NO _x	0,093	0,087	0,008
Твердые частицы	0,007	0,001	незначительно

Рисунок 3 – Таблица сравнения выбросов от различных видов судового топлива

На рисунке 4 показан топливный баланс для судов, опубликованный в докладе Lloyd's Register Marine Global Marine Fuel Trends 2030 [5]. Можно увидеть, что доля судов, работающих на газообразных видах топлива имеет тенденцию к увеличению. Это отражает глобальную тенденцию перехода на более экологически чистые и эффективные источники энергии в морском и речном транспорте.

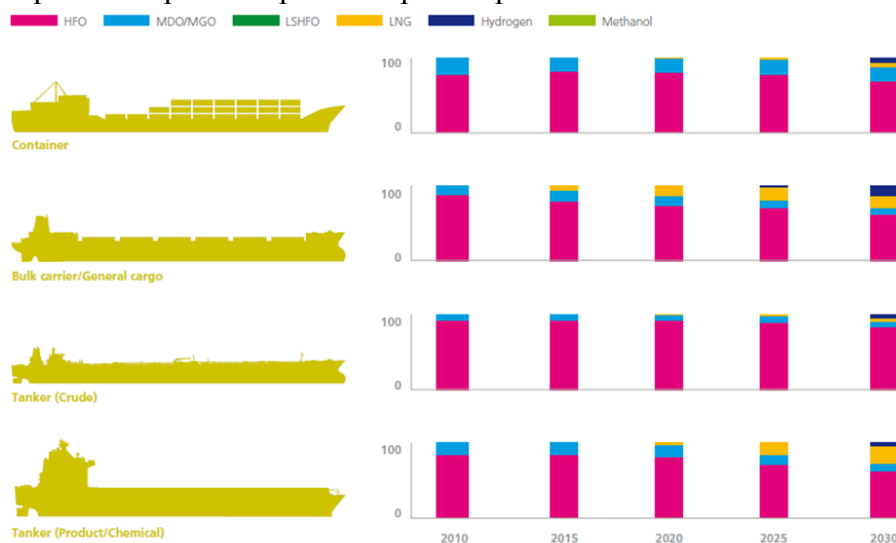


Рисунок 4 – Топливный баланс для судов

В судоходной отрасли широко применяются различные виды газового топлива. Среди основных видов газового топлива, используемых в судовых энергетических установках, можно выделить следующие:

- Сжиженный природный газ (СПГ).
- Сжатый природный газ (СНГ).
- Биогаз.

Использование СПГ в качестве альтернативы высокоуглеродным источникам энергии, таким как нефть и уголь, способствует снижению выбросов парниковых газов и снижению эмиссии вредных веществ, таких как оксиды азота и серы. Однако, несмотря на то что прямое сжигание СПГ приводит к меньшему количеству выбросов по сравнению с другими видами топлива, существует дискуссия о возможности выбросов метана, который также является парниковым газом.

Исследование, проведённое Международным советом по чистому транспорту (ICCT) [6] в январе 2020 года, показало, что использование СПГ может иметь экологические преимущества по сравнению с другими видами топлива в долгосрочной перспективе при использовании определённых типов двигателей. Однако это исследование подверглось критике со стороны отраслевых организаций. Германская ассоциация Maritime LNG Platform указывала на использование в исследовании некорректных или устаревших предположений относительно технических характеристик двигателей, что приводит к завышению оценки выбросов метана. Международная морская организация (ИМО) также признаёт, что технологическое развитие и модернизация цепочек добавленной стоимости в секторе СПГ способствуют снижению выбросов парниковых газов. Ассоциация подчёркивает, что в будущем важную роль будет играть синтетический СПГ, производство которого значительно сокращает выбросы метана, улучшая экологический баланс топлива.

СПГ активно используется в качестве судового топлива. На сегодняшний день около 200 судов в Мировом океане используют СПГ, ещё около 300 судов находятся на стадии строительства. В эту статистику не включены около 600 метановозов, многие из которых также используют СПГ в качестве топлива.

Перспективы

На сегодняшний день прогнозы таковы, что к 2030 году в сегменте судового топлива объем СПГ может составлять 20-30 млн. тонн и 40 млн. тонн к 2040 году и удовлетворить около 10% спроса на судовое топливо по прогнозам CAI International. В дальнейшем, к середине XXI века, по мнению DNV GL, доля СПГ в мировом потреблении судового топлива может составить от 40 до 80%. [7]

Преимущества использования СПГ в качестве судового топлива [8]:

1. *Экологичность.* СПГ является более экологичным видом топлива по сравнению с традиционными видами судового топлива. Он имеет более низкие выбросы вредных веществ, таких как оксиды азота и серы.

2. *Экономическая эффективность.* По сравнению с остальными видами судового топлива, СПГ является более экономичным видом топлива. Это связано с тем, что СПГ имеет более низкую стоимость производства и логистики по сравнению с мазутом.

3. *Энергетическая эффективность.* СПГ обладает высокой энергетической эффективностью, так как имеет более высокую теплотворную способность, чем у традиционных видов судовых топлив, что позволяет использовать меньшее количество топлива для получения той же мощности.

4. *Совместимость.* СПГ может быть использован в существующих судах без необходимости внесения значительных изменений в их конструкцию, так как СПГ может быть использован в существующих системах подачи топлива.

Заключение

Прогнозы развития рынка СПГ для судового топлива указывают на то, что СПГ станет основным видом топлива для морских судов в ближайшие десятилетия. Это связано с рядом преимуществ СПГ перед традиционными видами топлива, таких как экологичность, экономическая и энергетическая эффективность и совместимость.

Однако существуют ограничения использования СПГ в качестве судового топлива, такие как необходимость создания инфраструктуры для производства, транспортировки и хранения СПГ, а также необходимость разработки новых технологий для использования СПГ в существующих судах.

Список литературы:

1. T. Joung, S. Kang, J. Lee, J. Ahn The IMO initial strategy for reducing Greenhouse Gas(GHG) emissions, and its follow-up actions towards 2050 // Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping. – 2020.
2. Krivopolianskii V., Valberg I., Stenersen D., Ushakov S., Æsøy V. Control of the combustion process and emission formation in marine gas engines - a review // Journal of Marine Science and Technology. - 2018. - №24.
3. Логинова М.В., Князев А.С., Крючков А.Э., Андрусенко С.Е., Коныгин Д.И. РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИКЛА МИЛЛЕРА В ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ // Транспорт. Горизонты развития. Труды 4-го Международного научно-промышленного форума.. - Нижний Новгород: 2024. - С. 35.
4. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная протоколом 1978г. к ней (МАРПОЛ 73/78), Книга III, - СПб.
5. T. W. P. Smith, C. Raucci, N. Sabio, D. Argyros, Global Marine Fuel Trends 2030 - Lloyd's Register Marine.
6. Nikita Pavlenko, Bryan Comer, Yuanrong Zhou, Nigel Clark, Dan Rutherford The climate implications of using LNG as a marine fuel // WORKING PAPER 2020-02. - INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION, 2020.
7. Газпром Экспорт СПГ как судовое топливо. - Санкт-Петербург: 2021. - 22 с.
8. P. W. Parfomak, J. Frittelli, R. K. Lattanzio, M. Ratner LNG as a Maritime Fuel: Prospects and Policy // Congressional Research Service. – 2019.

УДК 629.5.036

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ДВИГАТЕЛЯ СКОРОСТНОГО КАТЕРА

Мильрат Артур Вячеславович¹, аспирант, старший преподаватель кафедры судостроения и энергетических установок
e-mail: milratav@gumrf.ru

¹ ФГБОУ ВО ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова

Аннотация. В статье рассмотрена модернизация системы охлаждения конвертируемого транспортного двигателя скоростного катера с водометным движителем. Проанализированы различные варианты систем охлаждения, отмечены их достоинства и недостатки. Рассмотрена перспективность использования конвертируемых транспортных двигателей в составе судовой энергетической установки судна с водометным движителем.

Ключевые слова: система охлаждения, водометный движитель, конвертация, скоростной катер, теплообменник, водяной насос.

SELECTION OF OPTIMUM TEMPERATURE CONDITIONS FOR SPEEDBOAT ENGINE

Artur V. Milrat¹, Doctoral Student, senior lecturer of the Department of shipbuilding and power plants
e-mail: milratav@gumrf.ru

¹ Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping

Abstract. The article discusses the cooling system of the engine of a high-speed boat with a water-jet propulsion. Various versions of cooling systems for a convertible transport engine have been analyzed, their advantages and disadvantages have been noted. The prospects of using convertible transport engines as part of a ship's power plant with a water-jet propulsor have been shown.

Keywords: cooling system, water jet propulsor, conversion, speed boat, heat exchanger, water pump.

Стратегические приоритеты *России* требуют разработки современных скоростных высокоманевренных судов различного водоизмещения. Такие суда должны обладать специальными характеристиками, позволяющими эффективно эксплуатировать их в сложных условия плавания, связанных с интенсивным движением по мелководью и любой степени засоренности фарватера. На таких участках водоемов преобладают подводные препятствия в виде каменных гряд, затонувших деревьев и других разнообразных естественных и искусственных объектов, которые затрудняют продвижения судна. Суда такого назначения как правило имеют энергетическую установку, оснащенную водометным движителем. Водометный движитель не имеет выступающих частей ниже корпуса судна, что позволяет двигаться, ограничиваясь лишь только осадкой корпуса судна. Суда, оснащенные водометом имеют прекрасную

управляемость на высоких скоростях, быстрый разгон за счет мощного двигателя и торможение за счет реверсивно рулевого устройства, что вкупе с отличной проходимостью наделяет судно высокими динамическими характеристиками, которые необходимы сторожевому или патрульному скоростному катеру для успешного пресечения незаконного вылова биоресурсов и охраны экономической зоны нашей страны [1].

Водометные движители характеризуются высокой номинальной частотой вращения [2], поэтому к двигателю, работающему в паре с водометом, предъявляются определенные требования. Так как перечень выпускаемых отечественной промышленностью высокооборотных судовых двигателей довольно мал, представляет интерес использование автотракторных двигателей. Эти двигатели характеризуются относительно компактными размерами, небольшим весом, высокой литровой мощностью и, в большинстве своем, являются высокооборотными, что хорошо согласуется с характеристиками выпускаемых в нашей стране водометных движителей [3]. Относительно небольшой вес и компактность дают ощутимые преимущества при проектировании скоростного катера. Рабочий режим двигателя водометного судна характерен малым количеством переходных режимов, что в комплексе с постоянством частоты вращения значительно увеличивает моторесурс. При конвертации автотракторного двигателя необходимо модернизировать ряд его систем. Выбор грамотного рабочего режима двигателя позволит получить высокую экономичность, надежность и долговечность судовой энергетической установки. Одним из важнейших факторов, напрямую влияющий на эти показатели, является правильный выбор температурного режима двигателя.

В процессе конвертирования автотракторного двигателя зазоры в цилиндро-поршневой группе, кривошипно-шатунном механизме и т.д. выбираются исходя из рабочей температуры двигателя равной 80-90 градусов. Разность температур на входе и выходе водяной рубашки двигателя не должна превышать 10 градусов. Работа двигателя с пониженной температурой охлаждающей жидкости недопустима, так как это приводит к конденсации паров воды, содержащихся в продуктах сгорания. В продуктах сгорания так же содержатся сернистые газы, которые растворяются в этом конденсате, что приводит к образованию электролита, который способствует усиленному коррозионному износу цилиндро-поршневой группы. Повышение температуры охлаждающей жидкости за счет уменьшения ее расхода приводит к большим перепадам температур на входе и выходе из двигателя. Большой перепад температур охлаждающей жидкости приводит к деформациям деталей двигателя.

Автотракторные двигатели оснащены жидкостной системой охлаждения. В роли теплообменника выступает радиатор охлаждения, обдуваемый встречным потоком воздуха и принудительным потоком от вентилятора, приводимого в действие либо самим двигателем, либо электромотором. Очевидно, что такая система обладает существенными недостатками. Когда двигатель находится в закрытом моторном отсеке, процесс отведения тепла от воздушного радиатора, представляет собой сложную задачу. Наилучшим вариантом является переход на двухконтурную систему охлаждения (рис.1).

Штатный радиатор двигателя демонтируется и на его место устанавливается специальный водо-водяной теплообменник. Насос системы охлаждения и термостат остается штатным. Во внутреннем контуре системы охлаждения циркулирует охлаждающая жидкость, рекомендованная производителем двигателя. Во внешнем контуре циркулирует забортная вода. Для обеспечения циркуляции воды во внешнем контуре применяется дополнительный водяной насос с приводом от коленчатого вала двигателя. Вместо дополнительного насоса можно использовать часть воды, отведенной из спрямляющего аппарата водометного движителя. Обязательным является

предварительная фильтрация заборной воды от песка и грязи, для предотвращения засорения водо-водяного холодильника. Для этих целей применяют специальные песколовушки и фильтры. Достоинством такой системы охлаждения является компактность. Недостатком- необходимость производить периодическую чистку заборного отверстия, песколовушек и фильтров внешнего контура, которые будут быстро забиваться мусором при езде по мелководью.

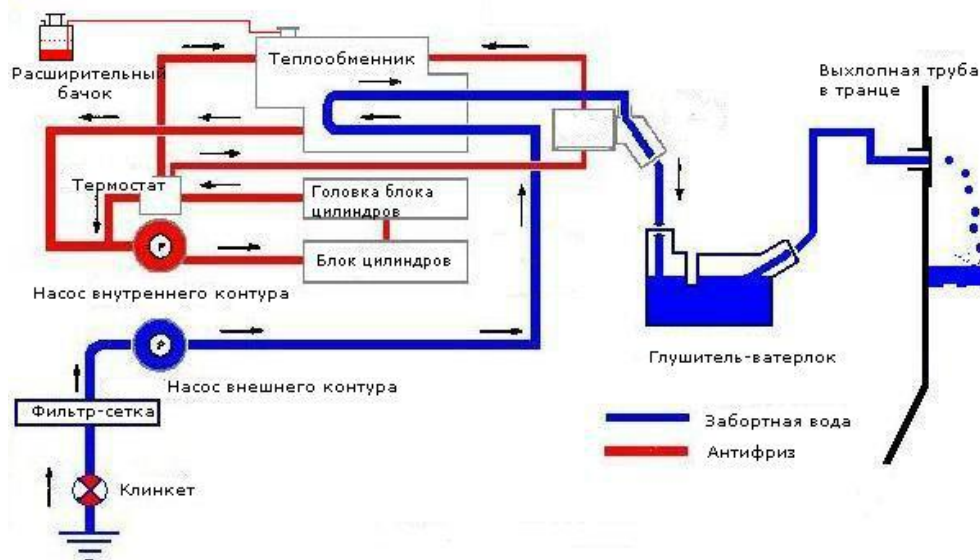


Рисунок 1 – Двухконтурная система охлаждения

Перспективным типом системы охлаждения является замкнутая одноконтурная система [4], где в качестве теплообменника используются конструктивные элементы корпуса судна или водометного движителя, которые омываются заборной водой (рис.2).

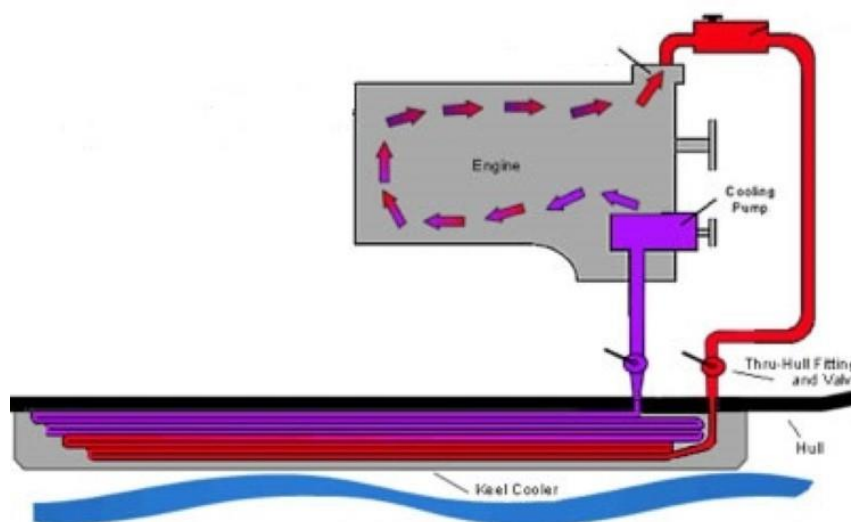


Рисунок 2 – Одноконтурная замкнутая система охлаждения

Таковыми элементами могут являться части днища судна и элементы водометного движителя (водовод, спрямляющий аппарат), в которые встроена водяная рубашка замкнутого контура охлаждения двигателя. Данная система охлаждения обладает большими преимуществами перед двухконтурной системой. Отсутствует внешний контур охлаждения, заборное отверстие в корпусе судна, дополнительный насос, фильтры

заборной воды и тд. Как следствие отпадает необходимость периодической чистки фильтров, система охлаждения становится практически необслуживаемой и неуязвимой для внешних загрязнений. К недостаткам данной системы можно отнести относительную сложность изготовления днищевых теплообменников, водяной рубашки, интегрированной в водовод или спрямляющий аппарат водометного движителя и увеличенный объем охлаждающей жидкости.

Высокие эксплуатационные характеристики судовой энергетической установки судна, оснащенного водометным движителем, возможны только при правильном выборе температурного режима двигателя. Для скоростных водометных катеров с конвертируемыми автотракторными двигателями оптимальным является модернизация системы охлаждения в двухконтурную схему с водо-водяным холодильником, либо, что является более перспективным- в замкнутую одноконтурную систему с теплообменником, омываемым заборной водой, конструктивно выполненным в корпусе водометного движителя, либо в днище судна. Выбор схемы и последующее совершенствование системы охлаждения конвертируемого автотракторного двигателя является важной задачей, решением которой будет проведение исследований в данной области.

Список литературы:

1. Жуков В.А., Мильрат А.В. Водометные движители в судовой энергетике: история и перспективы/ Жуков В.А., Мильрат А.В. //Транспортное дело России. – 2022 г. – №6 (163). – С. 34-38.
2. Хорхордин Е.Г. Стационарные водометы. Справочник. М.: Издательский дом Рученькиных. – 2004. –160 с.
3. Жуков В.А., Мильрат А.В. Перспективы решения задач импортозамещения при комплектовании энергетической установки судов с водометными движителями // Научные проблемы водного транспорта / Russian Journal of Water Transport – 2023. – № 76 (3), С. 89-98.
4. Enhanced Ship Energy Efficiency by Using Marine Box Coolers. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.astesj.com/v03/i06/p08/>. Дата обращения: 12.12.2024

УДК 629.1

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОЦЕНКЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ

Пугин Константин Георгиевич¹, д.т.н., профессор
e-mail: 123zzz@rambler.ru

¹ Пермский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, г.Пермь, Россия

Аннотация. Судовой гидропривод выполняет важные функции в сложных условиях воздействия внешней среды и силового воздействия. Такое сочетание способствует формированию условий для возрастания риска появления внезапных отказов, что является не приемлемым при эксплуатации судов с высокой автономностью. Предложен, на примере гидроцилиндров, метод оценки остаточного ресурса работоспособности гидросистем. Предложенный метод позволяет осуществить диагностику без разборки гидросистемы, что способствует экономии трудовых и материальных ресурсов.

Ключевые слова: судовой гидропривод, гидроцилиндры, гидросистемы, диагностика, оценка ресурса работоспособности.

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN ASSESSING THE PERFORMANCE OF HYDRAULIC EQUIPMENT

Pugin Konstantin Georgievich¹, Doctor of Technical Sciences, Professor
e-mail: 123zzz@rambler.ru

¹ Perm branch of the Volga State University of Water Transport, Perm, Russia

Abstract. The ship hydraulic drive performs important functions in difficult conditions of external environment and force impact. Such a combination contributes to the formation of conditions for increasing the risk of sudden failures, which is unacceptable when operating vessels with high autonomy. A method for assessing the residual service life of hydraulic systems is proposed using hydraulic cylinders as an example. The proposed method allows diagnostics to be carried out without disassembling the hydraulic system, which helps save labor and material resources.

Keywords: marine hydraulic drive, hydraulic cylinders, hydraulic systems, diagnostics, service life assessment.

Для решения задач, поставленных в постановлениях Правительства РФ направленных на развитие Северного морского пути (распоряжение №2115-р от 1 августа 2022г.), транспортной отрасли (распоряжение от 27 ноября 2021 года №3363-р). Принятая в 2021г. Транспортная стратегия РФ до 2030 года указывает на прогнозируемый рост объемов перевозок грузов внутренним водным транспортом более чем в два раза, по сравнению с 2020 годом, который составит 222 млн. тонн к 2035 году. Доля внутреннего водного

транспорта в общем объеме перевозок (за исключением трубопроводного транспорта) вырастет с 1,5-1,6% в 2019-2020 гг. до 2,6-2,7% к 2035 г.

В последнее время большое внимание развитию водного транспорта уделяется и правительством Пермского края. В частности, Указом губернатора Пермского края от 15 января 2021 года создана рабочая группа, работа которой направлена на создание условий развития инфраструктуры и обновления основных средств водного транспорта в Пермском крае.

Изменение количества судов в РФ по годам в период с 2019 по 2023г. приведено в Таблице 1.

Таблица 1

Наличие технически годных для эксплуатации судов внутреннего водного транспорта [1]

Вид судна	2019	2020	2021	2022	2023	Абсолютное отклонение, ед.
Грузовые	4603	4444	4404	4415	4328	-275
Пассажирские	2252	2302	2339	2356	2414	162
Буксирные	2844	2733	2720	2690	2652	-192
Нетранспортные	7291	6925	6526	6434	5953	-1338
Итого	16990	16404	15989	15895	15347	-1643

Статистика по работоспособности основных систем и механизмов показывает их малую надежность и малый остаточный ресурс. Для поддержания в исправном состоянии судовых систем и механизмов необходимо разрабатывать и применять на практике новые методы диагностики и оценки степени их износа, особенно которые исключают необходимость демонтажа или разборки. В приоритете методы диагностики, позволяющие оценивать ресурс работоспособности систем и отдельных механизмов во время их производственной эксплуатации, что позволяет не только экономить время проведения диагностики, но и сократить расход трудовых и материальных ресурсов.

Изменяющиеся при эксплуатации параметры гидравлических систем технологических машин оцениваются различными диагностическими методами, обладающими определенными преимуществами и недостатками [2-5]. В качестве диагностических параметров используют температуру, давление, чистоту рабочей жидкости, параметры вибрации и шума, создаваемые гидромашинами во время своей работы.

Анализ методов диагностирования гидросистем и гидромашин [6-11] позволил предположить новый параметр, который связан с показателями работоспособности и надежности, в частности гидроцилиндров. С использованием данного параметра возможно разработать новый метод диагностики работоспособности гидроцилиндров. В качестве параметра отклика предложено использовать скорость нарастания давления в точке подключения магистрали высокого давления к гидроцилиндру. Сделано предположение, что техническое состояние элементов гидроцилиндра будет влиять на скорость нарастания давления при резком изменении внешней нагрузки. Имитацией внешней нагрузки может служить запираение сливной магистрали. Для исключения влияния жесткости гидролинии идущей от гидроцилиндра в гидробак, запираение необходимо осуществить непосредственно на сливной гидролинии как можно ближе к гидроцилиндру. Проведенные предварительные испытания гидроцилиндров с исправными уплотнениями на поршне и неисправными на разработанном для этих целей стенде, показали различие в скорости нарастания давления. Пример графиков исправного и неисправного гидроцилиндра представлены на рис. 1 и 2.

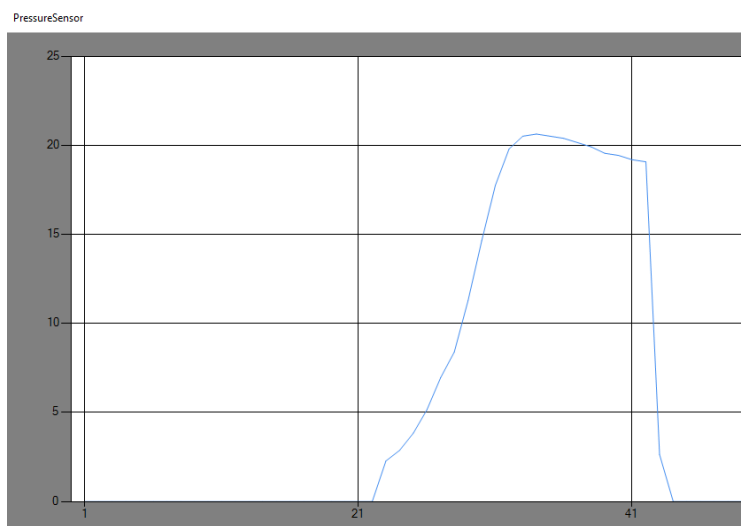


Рисунок 1 – График давления исправного гидроцилиндра

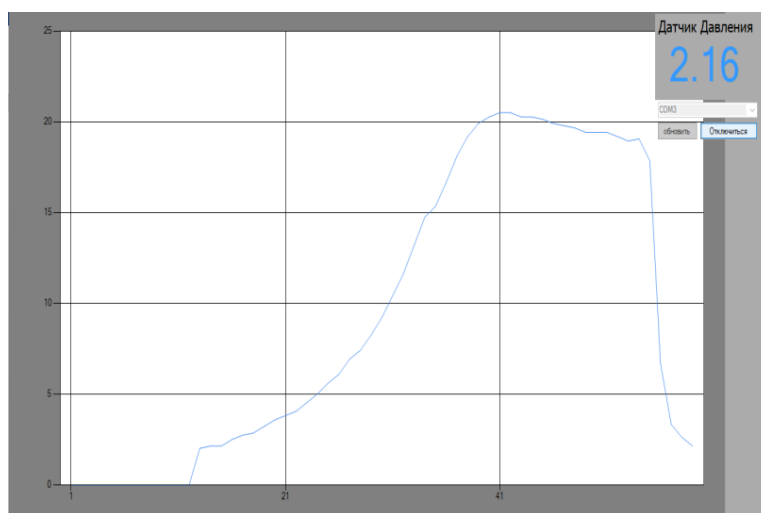


Рисунок 2 – График повышения давления гидроцилиндра, имеющего внутренние утечки через уплотнения поршня

Анализ полученных графиков нарастания давления в напорной магистрали замеренного непосредственно на входе в гидроцилиндр показал, что на исправном гидроцилиндре график имеет большую крутизну линии (рис. 1). На графике (рис. 2) линия повышения давления имеет более пологое возвышение. Это объясняется меньшей жесткостью системы поршень-уплотнение-гильза. Потеря жесткости обусловлена износом уплотнения на поршне и как следствие этого часть жидкости сможет перетечь через уплотнение.

Проведенные испытания позволяют сделать ряд выводов. Техническое состояние и остаточный ресурс гидроцилиндров возможно определить путем сравнения угла повышения давления на исправном и на испытуемом гидроцилиндре. Угол повышения давления при организации подпора в сливной линии может быть диагностическим параметром при определении технического состояния гидроцилиндра, позволяет определять изменение его технического состояния. Установив влияние на предлагаемый параметр величину вязкости рабочей жидкости, давления возможно разработать метод

оценки работоспособности и степени износа уплотнений и гильзы гидроцилиндра без снятия гидроцилиндра с судна, производя диагностику на месте получив численное значение остаточного ресурса его работы. Такой метод даст возможность снизить время проведения диагностики гидромашин, временные и материальные издержки, связанные с оценкой ресурса и определения работоспособности гидроцилиндров, используемых в судовом гидроприводе.

Список литературы:

1. Григорьев Е.А., Семенова Р.А. Анализ состояния основных средств внутреннего водного транспорта России // Экономика и бизнес: теория и практика. - № 5-1 (111). - 2024. с 115-122. doi:10.24412/2411-0450-2024-5-1-115-122.
2. Бурмистров В.А., Волков В.Н., Тимохов Р.С. Методика проведения эксплуатационных испытаний гидравлических систем тракторов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8-5. – С. 855-858.
3. Зорин В.А., Минь Н.Ч., Нефелов И.С. Повышение надёжности гидравлических систем строительных машин методами технического диагностирования // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2020. – № 3(62). – С. 24-30.
4. Миллер А.П., Пугин К.Г., Шаихов Р.Ф. Совершенствование диагностики гидравлических систем строительных машин. Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2020. Т. 2022-1. С. 15-20.
5. Условия эксплуатации строительно-дорожных машин / В.В. Конев, Ш.М. Мерданов, Д.М. Бородин [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12-3. – С. 502-507.
6. Шаякбаров И.Э., Пугин К.Г., Власов Д.В. Повышение надежности строительно-дорожных машин в условиях низких температур. // Химия. Экология. Урбанистика. – 2020. – Т.2020-3. – С. 279-283.
7. Рынкевич С. А., Хадкевич И. Ю. Экспериментальные исследования физических свойств гидропривода мобильной машины. // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2015. – №4 (49), – с. 68-78.
8. Тарбеев А.А., Павлов А.И. Методика определения стратегии замены элементов гидропривода транспортно-технологических машин. // Современные наукоемкие технологии. - 2018. - №4. - С. 108-112.
9. Тарбеев А.А., Павлов А.И. Результаты исследования гидроцилиндров лесных машин для обоснования диагностических параметров // Вестник ПГТУ. - 2019. - №4. - С. 135-139.
10. Чиликин, А. А., Трушин, Н. Н. Сравнительный анализ современных методов диагностики состояния гидравлических систем. Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2014. №3, с.117-127.
11. Piramatov U.A., Pugin, K.G. Improving the efficiency of existing methods of diagnosing the hydraulic drive of road-building machines. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – 786(1) – 012007.

УДК 621.316

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНХРОННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ВАЛОГЕНЕРАТОРА В КАЧЕСТВЕ СИНХРОННОГО КОМПЕНСАТОРА

Смыков Юрий Николаевич¹, доцент кафедры «Электроэнергетические системы и электротехника»

e-mail: sws1007@mail.ru

Горелов Сергей Валерьевич¹, профессор кафедры «Электроэнергетические системы и электротехника»

e-mail: sergeygorelov1970@mail.ru

¹ Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения энергоэффективности за счет применения синхронной электрической машины валогенератора в качестве синхронного компенсатора. Данное техническое решение позволяет обеспечить необходимый уровень напряжения питания, что особенно актуально во время стоянки судна в порту при большой разветвленности береговой электрической сети и значительной удаленности центра питания.

Ключевые слова: Валогенератор, синхронный компенсатор, компенсация реактивной мощности

THE USE OF A SYNCHRONOUS ELECTRIC GENERATOR MACHINE AS A SYNCHRONOUS COMPENSATOR

Smykov Yuri Nikolaevich¹, Associate Professor of the Department of "Electric Power Systems and Electrical Engineering"

e-mail: sws1007@mail.ru

Gorelov Sergey Valeryevich¹, Professor of the Department of "Electric Power Systems and Electrical Engineering"

e-mail: sergeygorelov1970@mail.ru

¹ Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia

Abstract. The article discusses the issues of increasing energy efficiency through the use of a synchronous electric generator machine as a synchronous compensator. This technical solution makes it possible to ensure the necessary level of supply voltage, which is especially important during the ship's parking in the port with a large branching of the coastal electrical network and a significant distance from the power center.

Keywords: Shaft generator, synchronous compensator, reactive power compensation.

Международное сообщество уделяет значительное внимание вопросам снижения уровня загрязнения окружающей среды. Одним из элементов решения данной задачи является всесторонняя проработка мероприятий по снижению количества вредных выбросов в окружающую среду при эксплуатации плавучих инженерных сооружений. Конкретизация данных подходов и принципов, тесно связаны с энергетической эффективностью[1]. Так электромашиностроение оказало значительную роль в

повышении энергоэффективности, в том числе и судовой электроэнергетической системы, однако рост энерговооруженности судов, автоматизация и требования к качеству электрической энергии, свидетельствуют о востребованности и дополнительной проработки путей повышения энергоэффективности.

Следствием этого является общепринятая практика применения нормативно технических документов, в том числе затрагивающих вопросы энергоснабжения объектов водного транспорта.

– Требование о расчете коэффициента энергоэффективности конструкции судна (Energy Efficiency Design Index, EEDI)

– Требование о разработке планов управления энергоэффективностью судна (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP). Этот план представляет собой документ, разрабатываемый в соответствии с требованиями и рекомендациями ИМО и предусматривающий пути и способы повышения энергоэффективности эксплуатации судов

– МАРПОЛ 73/78. Приложение VI (пересмотренное) к Конвенции "Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов"

На каждом судне должен иметься конкретный для данного судна план управления энергоэффективностью судна (ПУЭС). Он может являться частью судовой системы управления безопасностью (СУБ).

Рассмотрим более подробно, составляющие коэффициента энергоэффективности конструкции судна (Energy Efficiency Design Index, EEDI).

$$EEDI = \frac{\left(\prod_{j=1}^M f_i \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FMEi} \cdot SFC_{MEi} \right) + P_{AE} \cdot C_{FAEi} \cdot SFC_{AE}^*}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w} +$$

$$+ \frac{\left(\prod_{j=1}^M f_i \right) \left(\left(\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} P_{AEeff} \right) \cdot C_{FAEi} \cdot SFC_{AE} - \left(\sum_{I=1}^{neff} f_{eff} \cdot P_{eff} \cdot C_{eff} \cdot SFC_{MEi} \right) \right)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w} \quad (1)$$

Требуемый (нормативный) EEDI определяется произведением значения величины

Engine power (P)

$P_{eff(i)}$ – Main engine power reduction due to individual technologies for mechanical energy efficiency Снижение мощности главного двигателя

$P_{AEeff(i)}$ – Auxiliary engine power reduction due to individual technologies for electrical energy efficiency Снижение мощности вспомогательного двигателя

$P_{PTI(i)}$ – Power of individual shaft motors divided by the efficiency of shaft generators. Мощность отдельных валовых двигателей

P_{AE} – Combined installed power of auxiliary engines Суммарная установленная мощность вспомогательных двигателей

$P_{ME(i)}$ – Individual power of main engines Индивидуальная мощность главных двигателей

CO₂ Emissions(C)

C_{FME} – Main engine composite fuel factor Составной топливный коэффициент главного двигателя

C_{FAE} – Auxiliary engine fuel factor Коэффициент расхода топлива вспомогательного двигателя

$C_{FME(i)}$ – Main engine individual fuel factor Индивидуальный топливный коэффициент главного двигателя

Specific fuel consumption (SFC)

SFC_{ME} – Main engine (composite) Главный двигатель (составной)

SFC_{AE} – Auxiliary engine Вспомогательный двигатель

SFC_{AE*} – Auxiliary engine (adjusted for shaft generators) Вспомогательный двигатель (для валовых генераторов)

$SFC_{ME(i)}$ – Main engine(individual) Главный двигатель (индивидуальный)

Correction and adjustment factors

$f_{eff(i)}$ – Availability factor of individual energy efficiency technologies(=1,0 if readily available) коэффициент доступности отдельных энергоэффективных технологий (=1,0, если они легкодоступны)

f_j – Correction factor for ship specific design element. E.g. ice – classed ship which require extra weight for thicker hulls Поправочный коэффициент для конкретного элемента конструкции судна.

f_w – Coefficient indicating the decrease in ship speed due to weather and environmental conditions коэффициент, указывающий на снижение скорости судна из-за погодных условий

f_i – Capacity adjustment factor for any technical/ regulatory limitation on capacity(=1,0 if none) Поправочный коэффициент вместимости для любого технического / нормативного ограничения вместимости

Ship design parameters

V_{ref} – Ship speed at maximum design load condition. Скорость судна

Capacity – Deadweight Tonnage (DWT) rating for bulk ships and tankers; a percentage of DWT for Containerships DWT indicates how much can be loaded onto a ship Вместимость – показатель дедвейта (DWT)

Входящие в уравнение (1) данные объединяются в четыре члена в числителе и один в знаменателе: выбросы от главного двигателя; выбросы от вспомогательного двигателя; выбросы от работы валогенератора/электромотора (обратимого валогенератора РТО/РТИ); технологии эффективности и работа по транспортировке грузов, соответственно. [2]

Таким образом, осуществляется учет энергоэффективности и количества вредных выбросов учитывает количество перевезенного груза. Однако стоянка в порту может занимать значительную часть времени, по разным причинам, например: забастовки, задержка груза, технические и технологические ограничения, сложности в оформлении и т.д. Таким образом время стоянки может составлять от нескольких дней до месяца или реже нескольких месяцев.

Соответственно, перевозка груза не осуществляется, при этом расход топлива и следовательно загрязнение окружающей среды происходит. Именно в это время, при длительных стоянках, наиболее эффективно использовать электроснабжение судна с берега, для значительного снижения количества вредных выбросов в акватории порта[3;4].

Использование берегового электроснабжения во время стоянки судна, даже на первый взгляд выглядит перспективно и экономически обоснованно. Так экономическая целесообразность, а именно экономия эксплуатационных расходов определяется по формуле:

$$\Delta \mathcal{E} = (C_c - C_\epsilon)W - P_a K_\Sigma \quad (2)$$

где C_c - себестоимость электроэнергии судовой электростанции, руб/кВт ч;

C_{δ} - стоимость потребленной электроэнергии от береговой сети, при электроснабжении судна с берега, руб/кВт ч;

W_n - количество электроэнергии, потребляемой приемниками судна от береговой сети в течении навигации, кВт ч;

P_a - норма амортизационных отчислений от капитальных вложений на устройство необходимых для питания судов элементов береговой сети;

$K_{\Sigma} = K_{\delta} + K_c$ - суммарные капитальные вложения по берегу (ТС) и судну (K_c), руб.

Рассмотрим подробнее, себестоимость электроэнергии судовой электростанции. Это особенно интересно, с той точки зрения, что сюда относятся не только затраты горюче смазочные материалы и обслуживание, но и моторесурс электростанции. Проведение капитального ремонта или замены электростанции, требует квалифицированного персонала, времени, учёта удалённости многих ремонтно эксплуатационных баз флота, а также сложность работ. Все это еще раз подчёркивает актуальность развития, упрощения и широкого применения электроснабжения судна с берега.

Таким образом, первой предпосылкой является высокая экологическая и экономическая значимость берегового электроснабжения судов во время стоянки. Второй предпосылкой является существенное недоиспользование электрической синхронной машины - валогенератора. Рассмотрим суда речного флота и река море, как правило время работы валогенератора составляет менее 10% от ходового времени, что является свидетельством недоиспользования. К причинам малого времени использования принято относить наличие перекатов на реках, малое количество подходящих протяженных участков судового хода позволяющих использовать валогенератор.

Исходя из указанных предпосылок и опыта использования синхронных компенсаторов в береговых электрических сетях, вопрос использования указанной синхронной машины в режиме генерации реактивной мощности при отключении вала от главного двигателя (перевод в режим работы синхронный электродвигатель на холостом ходу) является актуальным.

Синхронный электродвигатель отличается от асинхронного тем, что магнитное поле, необходимое для действия двигателя, создается, в основном, от отдельного источника постоянного тока (возбудителя). Вследствие этого синхронный двигатель в нормальном режиме (при $\cos \varphi = 1$) почти не потребляет из сети реактивной мощности для создания главного магнитного потока.

Обмотка статора трехфазного синхронного двигателя не отличается от обмотки асинхронного двигателя. При подключении двигателя к трехфазной сети по обмотке статора проходят токи, образующие вращающееся магнитное поле. Так как потоки статора и ротора вращаются с одной и той же частотой вращения

$$n = \frac{60 f}{p} \quad (3)$$

где f - частота сети, Гц;

p - число пар полюсов электродвигателя,

то эти потоки относительно друг друга неподвижны.

При ослаблении магнитного поля ротора, которое обуславливается током возбуждения, синхронный двигатель потребляет реактивную мощность, а при усилении - генерирует реактивную мощность в питающую сеть. На рисунке 1 изображены U - образные кривые синхронного двигателя для различных нагрузок P_0 , P_1 и P_2 . Минимальное значение тока статора I , потребляемого из сети, для каждой нагрузки соответствует $\cos \varphi = 1$. Левая часть кривых соответствует недовозбужденной машине, потребляющей из сети реактивную мощность намагничивания, правая -

перевозбужденной машине, генерирующей реактивную мощность в сеть. Это обстоятельство позволяет использовать их для компенсации реактивной мощности в сети.

При номинальных значениях активной нагрузки P_H и напряжении на клеммах двигателя U_H реактивную мощность можно определить по формуле

$$Q_H = \frac{P_H}{\eta_H} \operatorname{tg} \varphi \quad (4)$$

где η_H – номинальный КПД;

$\operatorname{tg} \varphi_H = 0,484$, что соответствует $\cos \varphi_H = 0,9$.

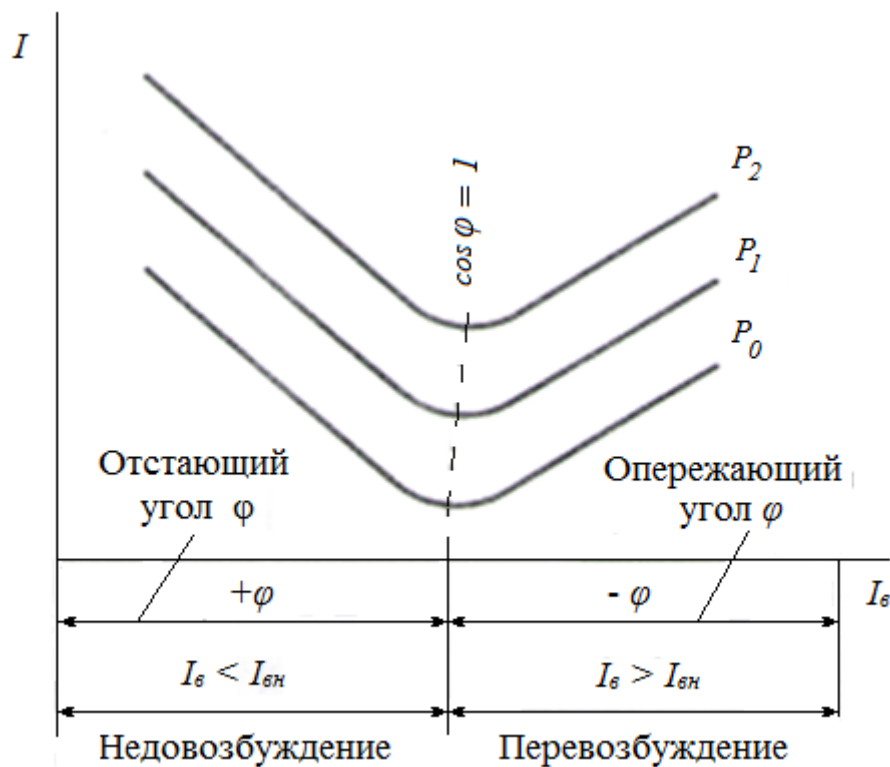


Рисунок 1 – U-образные характеристики синхронного двигателя

При недогрузке двигателя по активной мощности $\beta = P/P_H < 1$ возможна его перегрузка по реактивной мощности $\alpha = Q/Q_H > 1$.

Наибольшее значение генерируемой реактивной мощности можно определить по формуле, кВАр

$$Q_M = \frac{\alpha_M P_H \operatorname{tg} \varphi_H}{\eta_H} \quad (5)$$

где α_M – наибольшая допустимая нагрузка двигателя по реактивной мощности, зависящая от типа двигателя, загрузки по активной мощности β и от значения относительно напряжения на его зажимах $K_U = U/U_H$; U , U_H – соответственно фактическое и номинальное напряжение.

При определении расчетных затрат на генерацию реактивной мощности синхронным двигателем потери активной мощности двигателя, кВт, определяются по выражению

$$\Delta P = D_1 \frac{Q}{Q_H} + D_2 \left(\frac{Q}{Q_H} \right)^2 \quad (6)$$

где D_1 и D_2 - постоянные величины, кВт.

Таким образом, за счет использования синхронного компенсатора появляется возможность повышения качества функционирования электропередачи «берег - судно», а именно компенсация реактивной мощности с целью снижения вероятности возникновения отклонения напряжения, а также снижения математического ожидания уровня провала напряжения и математического ожидания времени провала напряжения.

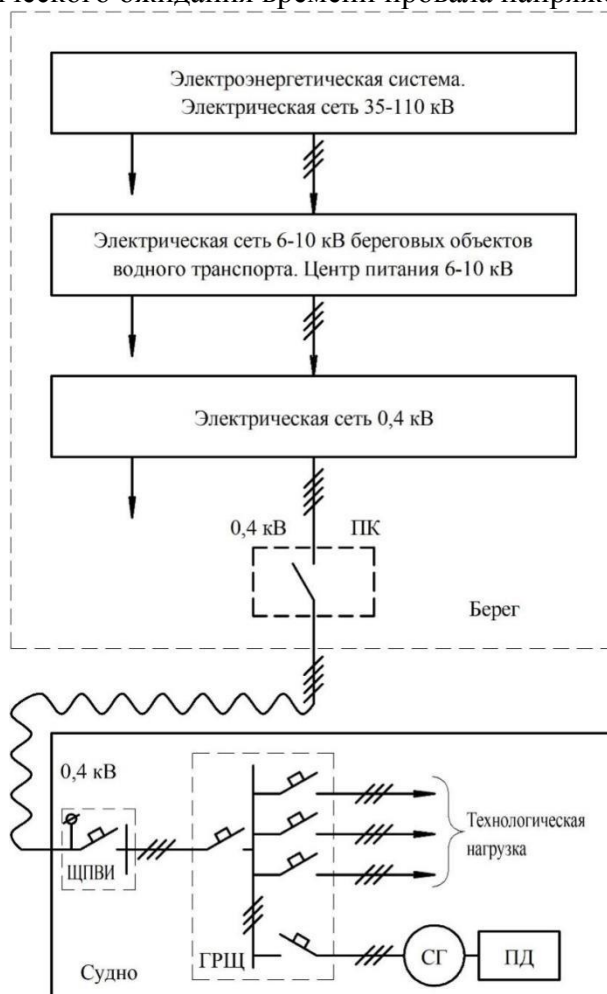


Рисунок 2 – Принципиальная схема иерархической структуры системы электроснабжения: ПК – береговая питающая колонка; ЩПВИ – щит питания от внешнего источника; ГРЩ – главный распределительный щит; СГ – синхронный генератор; ПД – приводной двигатель; Ø – точка подключения нулевого провода

На пути реализации проекта по компенсации реактивной мощности за счет использования синхронной машины валогенератора существует ряд препятствий, в том числе взаиморасчетов и передачи информации, так как электроэнергетическая система порта может существенно отличаться. Схема иерархической структуры системы электроснабжения при электроснабжении судов с берега (рисунок 2) может включать в себя особенности по регулированию [5] или по источнику электрической энергии [6], что, в том числе, открывает дополнительные возможности по повышению качества электрической энергии. При этом следует отметить, что использование одной синхронной машины, в режиме синхронного компенсатора позволяет повысить уровень напряжения на шинах питания группы судов получающих электроснабжение от рядом стоящих колонок электроснабжения судов с берега.

Список литературы:

1. Смыков Ю.Н., Сальников В.Г. Автоматизированный учет электроэнергии как критерий качественного функционирования электропередачи "берег - судно" / В сборнике: Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. 2014. С. 163-168.
2. Медведев В.В., Киселёв С.Н. Разработка и оптимизация программы для вычисления конструктивного коэффициента энергетической эффективности e_{ed} // в сборнике: Техническая эксплуатация водного транспорта: Проблемы и пути развития. Материалы международной научно-технической конференции: в 2-х частях. Ответственный за выпуск О.А. Белов. 2019. С. 23-27.
3. Смыков Ю.Н., Некрасов А.В., Иванов М.Н., Рыжаков В.В. Аспекты обеспечения безопасности и надёжности при электроснабжении судна с берега / В сборнике: Культура, наука, образование: проблемы и перспективы. материалы VI международной научно-практической конференции. 2017. С. 160-162.
4. Смыков Ю.Н. Проблемы электроснабжения судов технического флота от береговой электрической сети/ Ю.Н. Смыков// Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 3. С. 192-194.
5. Зубанов, Д.А. Повышение эффективности работы газопоршневых электростанции на предприятиях водного транспорта / А.И. Антонов, С.В. Горелов, Д.А. Зубанов, А.А. Руппель, В.Г. Сальников, А.А. Сидоренко // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дал. Вост.- 2015. – №4. – С. 194–199
6. Зубанов, Д.А. Регулирование уровня напряжения в электрических сетях предприятий водного транспорта / А.И. Антонов, Ю.М. Денчик, Д.А. Зубанов, В.И. Клеутин, А.А. Руппель, А.А. Сидоренко // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дал. Вост. – 2012. – №1. – С. 339–3



УДК 665.725:656.61

ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ СПГ В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА В ОТЕЧЕСТВЕННОМ СУДОСТРОЕНИИ

Феропонтов Иван Викторович¹, аспирант кафедры СДВС и ДУ.

e-mail: smtu_a_feropontov@mail.ru

Галиев Ильдар Ринатович¹, к.т.н., доцент кафедры СДВС и ДУ.

e-mail: Sbs777@yandex.ru

¹ Санкт-Петербургский морской технический университет, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В данной статье рассматриваются тенденции применения природного газа в качестве судового моторного топлива в отечественном судостроении в ближайшие пять лет. Рассмотрены основные факторы, способствующие переходу на природный газ, включая ужесточение международных экологических стандартов, развитие технологической и инфраструктурной базы, а также поддержку со стороны государства. Изучены планы судостроительных и судоходных компаний по расширению парка судов, работающих на природном газе. В результате проведенного анализа было установлено, что при совершенствовании нормативной базы, развитии инфраструктуры по бункеровке судов, локализации производства газобаллонного оборудования, а также модернизации существующей технологии конвертации дизелей на природный газ, рынок судов на газомоторном топливе будет развиваться.

Ключевые слова: СПГ, судостроение, моторное топливо, двигатели внутреннего сгорания.

«TRENDS IN THE USE OF LNG AS MARINE ENGINE FUEL IN NATIONAL SHIPBUILDING »

Feropontov Ivan Victorovich¹, Doctoral Student of Department of Marine Internal Combustion and Diesel Engines.

e-mail: smtu_a_feropontov@mail.ru

Galiev Ildar Rinatovich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Marine Internal Combustion and Diesel Engines.

e-mail: Sbs777@yandex.ru

¹ Saint-Petersburg State Marine Technical University, Saint-Petersburg, Russia.

Abstract. This article looks at trends in the use of natural gas as a marine engine fuel in the national shipbuilding industry over the next five years. The main factors contributing to the transition to natural gas utilization are discussed, including the tightening of international environmental standards, the development of technological and infrastructural frameworks, and government support. Plans of shipbuilding and shipping companies to expand the fleet of natural gas-fuelled vessels were studied. As a result of the analysis, it was found that the LNG fuelled ship market will develop if the regulatory framework is finalized, ship bunkering infrastructure is developed, production of gas-fuelled equipment is localized, and the existing technology for converting diesel engines to natural gas is upgraded.

Keywords: LNG, shipbuilding, marine engine fuel, internal combustion engine.

В данной статье рассмотрена тенденция применения СПГ (сжиженного природного газа) в качестве судового топлива. СПГ – это природный газ, охлажденный до температуры минус 162 градуса по Цельсию. При охлаждении природный газ переходит в жидкое состояние, при этом его объем уменьшается в 600 раз. СПГ транспортируется и хранится в крио-емкостях. Для использования его в качестве моторного топлива требуется специальное оснащение транспорта криогенным оборудованием.

Анализ литературы [1] показал, что у судовых двигателей, использующих СПГ имеются преимущества перед дизельным топливом. Выбросы в атмосферу оксидов серы, азота и углерода меньше на 80%, а шумность на 50 %, рисунок 1.

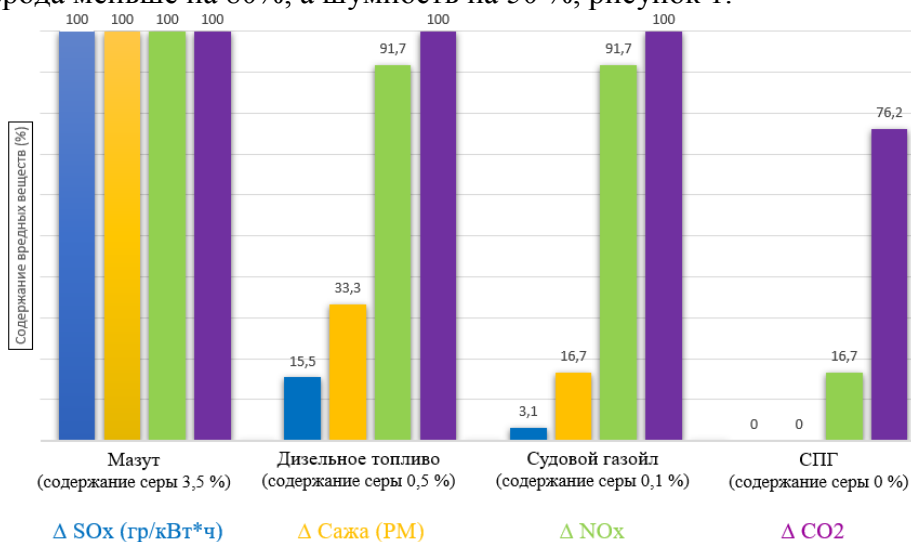


Рисунок 1 – Влияние топлива на токсичность выхлопных газов.

Что касательно экономических показателей, то цена на СПГ на 30-50% ниже относительно дизельного топлива. Износ газовых двигателей меньше, чем у дизелей, в следствии уменьшенного нагарообразования и разжижения смазки. Сокращаются затраты на ремонт и техническое обслуживание.

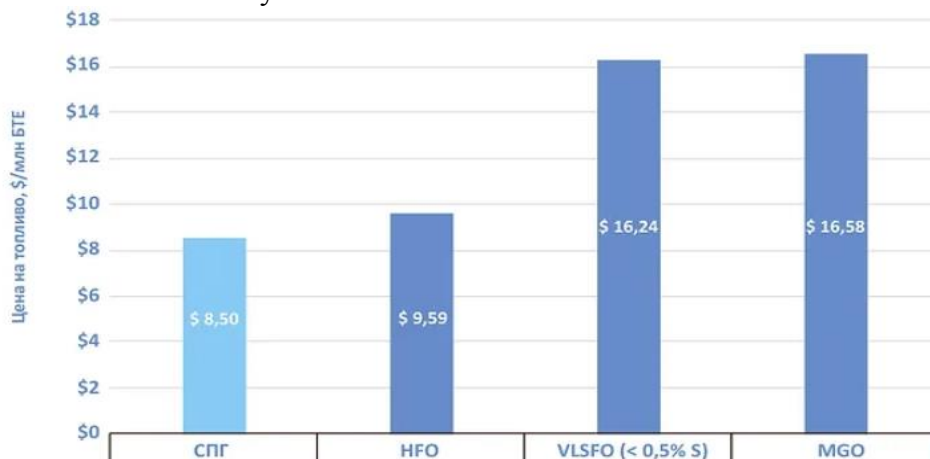


Рисунок 2 – Цены на судовое топливо: HFO – тяжёлый флотский мазут, VLSFO – низкосернистое дизельное топливо, MGO – газойль

Однако, для широкого использования СПГ в качестве моторного топлива существуют сложности такие, как недостаток отечественного технологического обеспечения, дороговизна специализированного оборудования, недостаток бункеровочных судов и инфраструктуры, нормативно-правовых материалов. Криогенные емкости стоят дороже в

10 – 15 раз, чем обычные баллоны высокого давления, в связи со сложностью конструкции емкости. Капитальные затраты на строительство судов на СПГ выше на 10 – 30%, чем для судов на дизеле [2]. Трудности с бункеровкой и логистикой, ограничивает полноценное использование СПГ судов. На данный момент построено и используется одно судно бункеровщик «Дмитрий Менделеев» в Финском заливе и Балтийском море, а на Дальнем востоке остается невозможным проведения бункеровки танкеров, оборудованных для применения СПГ в российских портах [3]. Цена на строительство судов может быть снижена для конечного покупателя, путем субсидирования части потраченных средств на строительство судна. Можно будет снизить стоимость производства криогенного оборудования за счет серийности.

Нормативная база.

Согласно плану топливно-энергетического баланса Российской Федерации добыча сжиженного природного газа должна увеличиться в 6 раз, по сравнению со значениями 2018 года [4]. Для широкого распространения природного газа в качестве судового моторного топлива необходима национальная нормативно-законодательная база, в которой будет регламентировано применения газа на флоте. Поскольку существующие национальные стандарты определяют применение СПГ в качестве моторного топлива только на железнодорожном транспорте и автотранспорте [5,6]. На момент написания статьи в Российской Федерации действуют стандарты описывающие технические требования, правила приемки, методы испытаний, транспортирование и хранение СПГ, а также гарантии поставляющей стороны природного газа, в качестве моторного топлива [7].т

В настоящее время, разработаны стандарты, которые требуют внесения дополнений касательно проведения бункеровки СПГ, в частности взрыво-пожаробезопасности [8]. Для безопасной бункеровки судов необходимо понимание, какими способами она производится. Например, международном стандарте МАКО: IACS Rec 142 LNG bunkering guidelines в п. 3.2 описана организация проведения бункеровки судов различными методами. Однако, в национальном стандарте ГОСТ Р 70618-2022 не описана организация данных работ [9,10]. Следует актуализировать данный документ и дополнить его соответствующей информацией во избежание создания отдельных узкоспециализированных документов.

Анализ нормативной документации показал, что еще не создан стандарт, регламентирующий применение СПГ на судах в качестве основного вида топлива, как для описанного выше транспорта, также существующие стандарты требуют дополнения, учитывающие особенности безопасного применения природного газа. Помимо несовершенства нормативно-законодательной базы, существует нехватка в нормативно - правовой документации, в которой будет описан план строительства судов на СПГ. Не смотря на приведённые выше недостатки, ведется плановая работа в направлении создания речного и морского флотов, работающих на природном газе. Для успешной реализации проектов необходима разработка федеральной целевой программы строительства с 2025 года современных речных пассажирских судов, морских и речных буксиров, использующих газомоторное топливо, включающей распространение действующих механизмов государственной поддержки на приобретение таких судов в 2025-2030 годах. Предоставление льготных кредитов, а также тарифно-налоговых льгот могут ускорить расширение парка СПГ судов. В Российской Федерации меры государственной поддержки для судов, использующих сжиженный природный газ (СПГ) в качестве моторного топлива, закреплены в следующих нормативных актах: Постановление Правительства РФ от 27 апреля 2017 г. № 502 и Постановлению Правительства РФ от 4 декабря 2019 г. № 1584. Данные постановления утверждают

правила субсидирования части денежных средств на постройку или приобретение “экологических судов”.

Анализ рынка флота СПГ.

Планы на постройку судов по типам и верфям изготовителям, использующих сжиженный природный газ, представлены в таблице 1. Согласно источнику [3], до 2027 года по плану должны быть построены 13 судов различного назначения.

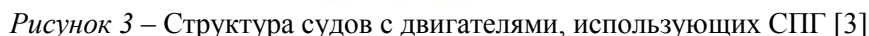
Таблица 1

План постройки судов с 2024 по 2027 гг.

Год	Имя	Тип судна	Владелец	Верфь
2024	Нурсултан Назарбаев	Нефтяной танкер	Роснефтефлот	Звезда
2024	Валентин Пикуль	Нефтяной танкер	Роснефтефлот	Звезда
2024	2368	Танкер-челнок	Совкомфлот	Samsung
2024	Александр Бегров	Нефтяной / химический	Совкомфлот	Звезда
2024	Алексей Боголюбов	Нефтяной / химический	Совкомфлот	Звезда
2024	Иван Айвазовский	Нефтяной / химический	Совкомфлот	Samsung
2025	без имени	Нефтяной танкер	Роснефтефлот	Звезда
2026	без имени	Малотоннажный СПГ танкер	-	-
2026	без имени	Малотоннажный СПГ танкер	-	-
2026	без имени	Нефтяной танкер	Роснефтефлот	Звезда
2026	без имени	Нефтяной танкер	Роснефтефлот	Звезда
2027	без имени	Нефтяной танкер	Роснефтефлот	Звезда
2027	без имени	Нефтяной танкер	Роснефтефлот	Звезда

На данный момент уже построены и эксплуатируются суда, использующие СПГ в качестве основного топлива такие, как речное прогулочное-экскурсионное судно “Чайка-СПГ”, танкер класса «Афрамекс» «Владимир Мономах». Согласно отчетам крупной судовладельческой компаний, к 2030 году планируется постройка еще порядка 30 морских и 40 речных судов на природном газе [11,12]. Структура судов на СПГ приведена на рисунке 3.

Исходя из того, что парк судов на газомоторном топливе увеличивается - появляется потребность в развитии и использовании судовых энергетических установок, работающих на природном газе. Отечественное двигателестроение, на данный момент, не выпускает серийно судовые ДВС, которые способны работать на СПГ, однако есть компании, которые в перспективе смогут изготавливать двигатели такого типа серийно, например: АО “РУМО”, ООО «Промышленные компоненты КАМАЗ», ООО “НПК



В результате проведенного анализа было установлено, что при совершенствовании нормативной базы, развитии инфраструктуры по бункеровке судов, локализации производства газобаллонного оборудования, а также модернизации существующей технологии конвертации дизелей на природный газ, рынок судов на газомоторном топливе будет развиваться.

1. Информационно-справочный материал о мировых тенденциях развития применения СПГ в качестве топлива на водном транспорте (Газпром)

2. Лобанов А.В., Першин Н.В., Кускова О.Л., Медведков И.С. Перспективы применения сжиженного природного газа на водном транспорте Санкт-Петербурга, Морские интеллектуальные технологии. 2022. Т. 1, Номер 1. С. 86—94
3. Карта Российской СПГ отрасли 2024 год. /Справочные материалы.
4. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительством Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р.
5. ГОСТ Р 56878-2016.Локомотивы, работающие на сжиженном природном газе. Требования к организации эксплуатации.
6. ГОСТ 34602-2019. Автомобильные транспортные средства, использующие газ в качестве моторного топлива. Общие технические требования к эксплуатации на сжиженном природном газе, техника безопасности и методы испытаний.

7. ГОСТ 34894-2022. Газ природный сжиженный. Технические условия.
8. Предложения по созданию программы стандартизации области СПГ. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/gosregulirovanie/827563-predlozheniya-po-sozdaniyu-programmy-standartizatsii-oblasti-spg/> (Дата обращения 16.12.2024)
9. LNG Bunkering Guidelines (IACS Rec 142), 142 стр., 2017 г.
10. ГОСТ Р 70618-2022 Суда и морские технологии. Бункеровка судов, работающих на сжиженном природном газе. Требования.
11. «Газпром» к 2030 г. построит для Петербурга 40 пассажирских судов на СПГ. URL: <https://spb.vedomosti.ru/technology/articles/2024/07/08/1048580-gazprom-postroit-sudov-spg> (Дата обращения 26.12.2024)
12. Потребление СПГ на водном транспорте к 2030 году может вырасти в 7 раз и достичь 2 млрд куб. м в год — Минэнерго. URL: <https://portnews.ru/news/346275/> (Дата обращения 18.11.2024)
13. Как устроен первый российский теплоход на СПГ "Чайка" проекта 03622. URL: <https://paluba.media/news/13540> (Дата обращения 11.11.2024)



УДК 629.064.5

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА СУДАХ РЕЧНОГО ФЛОТА

Храмов Михаил Юрьевич¹, Кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок

e-mail: khramov.mu@vsuwt.ru

Варечкин Юрий Вениаминович¹, доцент; доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок

e-mail: natasha180711@gmail.com

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Двигатели внутреннего сгорания считаются одними из самых экономичных. Тем не менее, в них также происходят значительные потери тепла: около 30–40% тепловой энергии уходит с отработавшими газами, а 10–20% — с охлаждающими средами. Дизель-генераторы, которые установлены на речных судах, были произведены в 60-90 годах и находятся в эксплуатации по данный момент. Морально двигатели уже устарели, на них отсутствуют элементы какой-либо автоматизации, а требованиям экологических норм они уже давно не соответствуют. Непосредственно двигатели, за время своей эксплуатации, почти исчерпали свой ресурс по степени износа, а затраты на новые детали и работы по капитальному ремонту сравнимы с затратами на покупку новых двигателей. По данным причинам предложена частичная их замена на паротурбинные генераторы. Эксплуатация их в ходовом режиме судна, позволит исключить полностью расход топлива вспомогательной энергетической установкой, так как паровые турбины будут работать на пару генерируемом утилизационными котлоагрегатами, которые установлены на тракте отработавших газов главных двигателей. Во время остановок главных двигателей паровые турбины будут питаться паром от вспомогательного котлоагрегата. Постановка парогенераторов позволит существенно улучшить их работу, обеспечит экономичность и экологичность на судах внутреннего плавания.

Ключевые слова: паротурбинные установки, утилизация теплоты, генераторы, топливо, вспомогательные установки.

INCREASING THE RESISTANCE OF PARTS OF THE CYLINDER PISTON GROUP OF MARINE DIESEL ENGINES TO HYDROGEN WEAR

Khramov Mikhail Yurievich¹, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor

e-mail: m.u.hrakov@yandex.ru

Varechkin Yury Veniaminovich¹, Associate Professor

e-mail: natasha180711@gmail.com

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Internal combustion engines are considered to be among the most economical. However, significant heat losses also occur in them: about 30-40% of the thermal energy goes with exhaust gases, and 10-20% with cooling media. Diesel generators, which are installed on river vessels, were produced in the 60-90 years and are still in operation. Morally, the engines are already outdated, they lack elements of any automation, and they have not met the

requirements of environmental standards for a long time. The engines themselves, during their operation, have almost exhausted their resource in terms of wear and tear, and the cost of new parts and major repairs is comparable to the cost of buying new engines. For these reasons, a partial replacement with steam turbine generators has been proposed. Their operation in the ship's running mode will completely eliminate the fuel consumption of the auxiliary power plant, since the steam turbines will be powered by steam generated by the recovery boilers installed on the exhaust gas path of the main engines. During shutdowns of the main engines, the steam turbines will be powered by steam from an auxiliary boiler unit. The installation of steam generators will significantly improve their operation, ensure efficiency and environmental friendliness on inland navigation vessels.

Keywords: steam turbine installations, heat recovery, generators, fuel, auxiliary installations.

Введение

Пароэнергетическая установка, в отличие от дизельной, легко обеспечивает оптимальную частоту вращения гребного винта. Благодаря этому свойству на современных крупнотоннажных паротурбоходах, снизив частоту вращения до 80 об/мин и используя противоположно вращающиеся винты, удалось уменьшить мощность установки (при сохранении заданных скоростей и провозной способности) на 14–16%. Долговечность и эксплуатационная надежность пароэнергетических установок выше, чем у дизельных. Например, за 10 лет эксплуатации турбин на танкерах типа «София» при контрольных вскрытиях только в двух случаях потребовался ремонт проточной части. Число остановок в следствии неисправности на 1000 часов работы паровых энергетических установок судов типа «Ленинский Комсомол» и «София» составило 0,2 – 0,15%, а на устранение причин вынужденной остановки в среднем затрачивалось 1,5 – 4,5 часа. Ремонтная стоимость современных паротурбинных установок, вследствие сравнительно малого изнашивания рабочих частей, уменьшилась примерно в два раза в сравнении с дизельными. Не мало важными параметрами являются габаритные и массовые показатели паровых турбин. Они благоприятнее дизельных. Масса паровой турбины при равной мощности будет меньше, чем у аналогичной дизельной установки [1]. А габариты свободного пространства машинных помещений увеличатся на 5 – 10 метров при использовании турбин.

Содержание

Основной задачей водного транспорта является снижение затрат на эксплуатацию вспомогательной энергетической установки и снижение вредных выбросов в атмосферу [2], улучшение технических и экономических характеристик судна.

Возможности использования теплоты двигателей зависят не только от его количества, но и от температурного потенциала. Один из больших температурных потенциалов имеет теплота отработавших газов (260-650°C), а ее рациональное использование позволяет вырабатывать как насыщенный, так и перегретый пар давлением до 1.5 Мпа в утилизационных котлоагрегатах. В дальнейшем полезную работу пара можно применить в различных энергетических установках для производства электроэнергии [3], привода вспомогательных механизмов.

Предлагаем произвести замену прежних дизельных генераторов на паротурбинные генераторы, паровые турбины которых будут расходовать пар генерируемый утилизационными котлоагрегатами на речных судах имеющих паровую систему. В данном случае энергоресурсы, потребляемые дизельными генераторами - исключаются, а работа парогенераторов осуществляется путем утилизации теплоты отработавших газов главных двигателей (см. рисунок 1).

До модернизации данные утилизационные котлоагрегаты были выведены на многих судах из эксплуатации и не использовались. Таким образом после модернизации они будут задействованы в производстве пара для паровой турбины. Турбина будет работать на генератор, что позволит экономично и экологично производить электроэнергию на нужды судна.

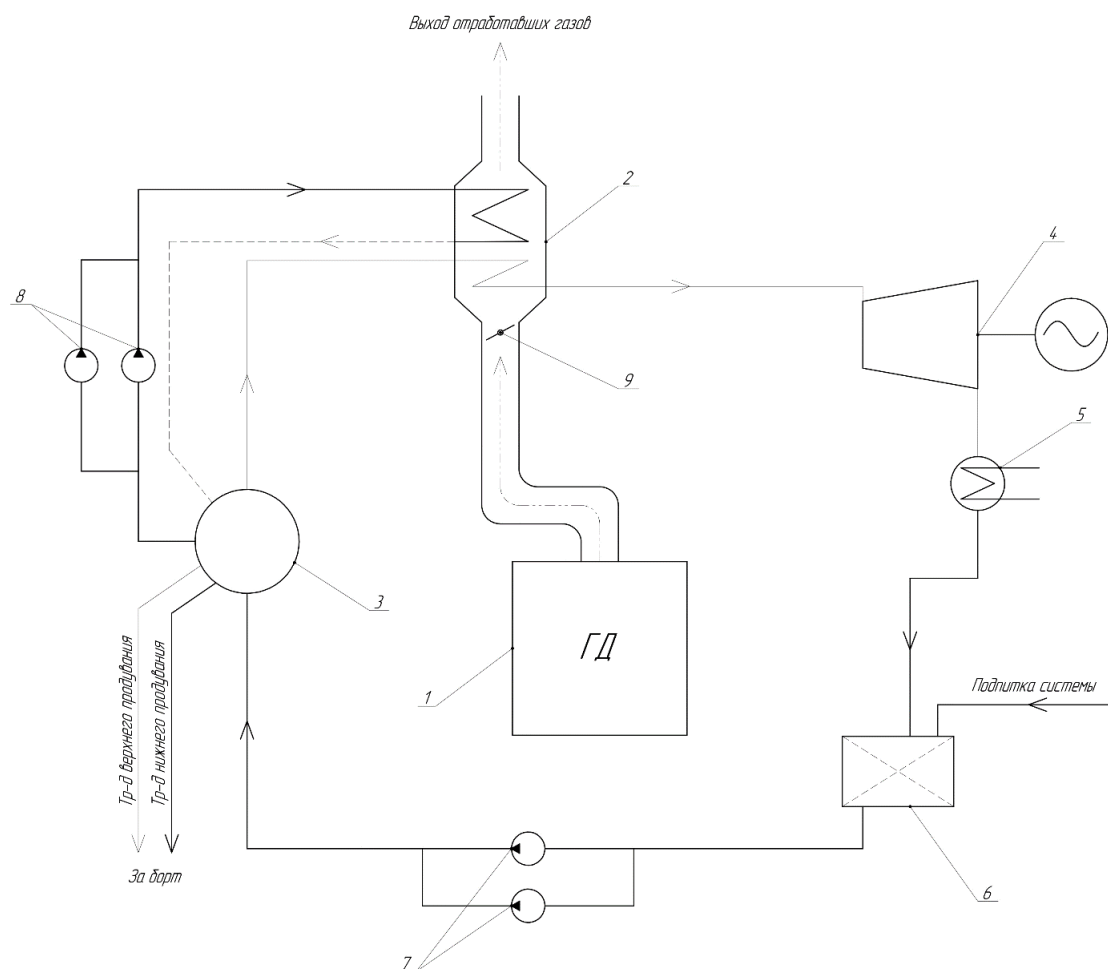


Рисунок 1 – Работа парогенераторной установки на судне

1. главный двигатель; 2. утилизационный котлоагрегат; 3. вспомогательный котлоагрегат; 4. паровой турбогенератор; 5. конденсатор; 6. теплый ящик; 7. питательный насос; 8. циркуляционный насос; 9. автоматическая шиберная заслонка

Предлагается компоновка турбогенераторных установок на место дизель-генераторных в зависимости от типа судна с полной или частичной заменой. Данная модификация дает ряд существенных преимуществ паротурбинных установок:

1. Непрерывность рабочего процесса;
2. Возможность использования расширения пара до весьма низко противодавления;
3. Отсутствие прямолинейного возвратно-поступательного движения рабочих частей;
4. Низкое расположение центра тяжести;
5. Сосредоточение больших мощностей в одном агрегате;
6. Компактность и сравнительно малые габариты;
7. Малые вибрационные колебания в процессе работы;
8. Отличное соотношение мощности к массе.
9. Экологичность установки;

10. Экономия энергоресурсов (топливо и масло);

11. Так же к преимуществам паровых турбин можно отнести рост коэффициента полезного действия с ростом мощности.

К существенным недостаткам паротурбинных установок относится:

1. Не реверсивность;

2. Значительное увеличение удельного расхода пара, а, следовательно, и уменьшение КПД при работе на не полной нагрузке.

Однако не стоит забывать про динамические усилия, которые возникают во время работы. В многоступенчатых паровых турбинах, кроме тангенциальных усилий, которые при действии на рабочие лопатки создают полезный вращающий момент, на ротор оказывают воздействия усилия, действующие параллельно оси вала. По направлению потока пара они стремятся сдвинуть ротор. Из-за большой площади поверхности дисков даже незначительные перепады давления создают значительные осевые усилия, увеличивающие нагрузку на упорный подшипник. Чтобы снизить эти усилия, стремятся уравновесить силы, действующие на ротор турбины в осевом направлении. Это достигается за счет использования разгрузочных отверстий в дисках и увеличения диаметра переднего концевой уплотнения турбины. Разгрузочные отверстия снижают перепад давлений, а увеличенный диаметр уплотнений создает уравновешивающее усилие, направленное против потока пара, что уменьшает нагрузку на упорный подшипник [4].

Одного из вышеперечисленных недостатков, а точнее не реверсивности паровых турбин, можно избежать путем работы турбины на генератор, который требует постоянного направления вращения.

Производимый утилизационными котлоагрегатами пар можно использовать в качестве рабочего тела для паровой турбины, которая будет работать на генератор переменного тока. Что в номинальных режимах работы главных двигателей позволит в значительной мере снизить расход топлива вспомогательной энергетической установки.

Но перед подачей пара в турбину он требует определённой подготовки. Генерируемый в утилизационных котлоагрегатах пар является влажным или «острым», что отрицательно сказывается на лопаточных агрегатах в связи с эрозионным износом профилированных лопаток турбины. Чтобы этого избежать используется пароперегреватель, который устанавливается первым на пути отработавших газов. Также он требуется для подачи пара в турбину с высокой начальной температурой, так как по мере прохождения сквозь турбину пар расширяется для сохранения скорости потока, но при этом теряет свою температуру, поэтому нужно иметь запас. Также подаваемый пар нужно сепарировать, для того, чтобы исключить или минимизировать риск попадания крупнодисперсного пара в турбину [5].

Для вышеуказанного принципа утилизации тепла, есть готовые решения на мировом рынке. Одним из отечественных производителей паровых турбоагрегатов на рынке широко представлены блочные турбогенераторы производства ОАО «Калужский турбинный завод», компании в Белоруссии «ПРОМПРИВОД» (см. рисунок 2). Однако доминирующую позицию на мировом рынке занимают китайские производители компания Qingdao Quickleader International Trade предлагает различные паровые турбогенераторы в большом диапазоне мощностей и начальных параметров свежего пара. Турбогенераторные установки поставляются в собранном виде на общей раме и другие.

Для обновления судов речного флота необходимо разработать программу постройки и модернизации уже существующих судов с учетом современных парогенераторных установок.

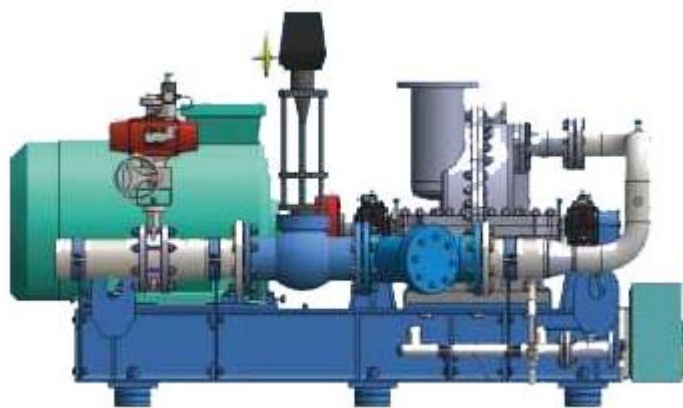


Рисунок 2 – Турбогенератор на общей раме в сборе

Заключение

Современные мероприятия по снижению производственных затрат на эксплуатацию судна, снижение вредных выбросов и теплоты в атмосферу должны быть комплексными. Сначала потребуется оценить технические параметры установленных на речных судах паровых утилизационных котлоагрегатов, выдержать предъявляемые требования классификационных обществ и надзорных органов. Исходя из вышеизложенного, паровые турбогенераторы являются более привлекательными, так как паровые поршневые машины на данный момент крайне мало распространены и не производятся серийно. Таким образом выбор блочного турбогенератора в качестве вспомогательного двигателя будет обоснованным решением.

Список литературы:

1. Матвеев, Ю. И. Повышение работоспособности судовых дизелей в условиях эксплуатации / Ю. И. Матвеев, М. Ю. Храмов, С. Ю. Курицын // Развитие энергетики водного транспорта, информационных и энергосберегающих технологий: сборник материалов I Всероссийской конференции, Астрахань, 12–13 декабря 2023 года. – Астрахань: Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. – С. 124-131.
2. Медведев, Г.В. Воздействие температуры отработавших газов судовых энергетических установок на качество их очистки с использованием метода каталитической нейтрализации / Г.В. Медведев, М.Ю. Храмов // Научные проблемы водного транспорта. Н. Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2020. № 62 (62). С. 167-174.
3. Попов, С.В., Особенность работы автономной электростанции параллельно с сетью / С.В. Попов, А.В. Бишлетов, В.В. Гуляев, М.Ю. Храмов // Материалы VII Международной научно-практической конференции в рамках программы проведения торжественных мероприятий, посвящённых празднованию 100-летия Астраханского речного училища. г. Астрахань, 2018 г. С. 111-116.
4. Курзон, А. Г. Судовые турбинные установки : учеб. пособие для студентов вузов / А. Г. Курзон, Л. А. Маслов. - Ленинград : Судостроение, 1991. - 192 с.
5. Зайцев, В. И., СУДОВЫЕ ПАРОВЫЕ И ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ / В. И. Зайцев, Л. Л. Грицай, А. А. Моисеев, Под общей ред. Зайцева В. И. Для учащихся высших инженерных морских училищ, Москва: Издательство "Транспорт", 1981. - 312 с.

УДК 621.6.03

ПОДГОТОВКА СТЕНДА ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД К ПРОВЕДЕНИЮ ОТСЕИВАЮЩЕГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Шураев Олег Петрович¹, доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, к.т.н, доцент
e-mail: solwrk@inbox.ru

Чичурин Александр Геннадьевич¹, доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, к.т.н, доцент
e-mail: alex1.chich@yandex.ru

Чернов Владимир Александрович¹, аспирант
e-mail: vov7777@bk.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

Аннотация. Рассмотрены технико-конструкторские, организационные и метрологические мероприятия по настройке и проведению опытов по термическому обезвреживанию нефтесодержащих вод на стенде. Проведена доработка стенда для измерения расходов топлива и нефтесодержащих вод массовым способом, выполнена тарировка по расходу нефтесодержащих вод в зависимости от давления в баке. Определен план отсеивающего эксперимента, обеспечивающий минимум технологических операций при переходе от одного опыта к другому. Отработана методика проведения опытов.

Ключевые слова: нефтесодержащие воды, термическое обезвреживание, экспериментальный стенд, отсеивающий эксперимент, план эксперимента

PREPARATION OF A STAND FOR THERMAL NEUTRALIZATION OF OILY WATERS FOR SCREENING EXPERIMENT

Shurayev Oleg Petrovich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
e-mail: solwrk@inbox.ru

Chichurin Alexander Gennadievich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
e-mail: alex1.chich@yandex.ru

Chernov Vladimir Aleksandrovich¹, Doctoral Student
e-mail: vov7777@bk.ru

¹Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Technical and design, organizational and metrological measures for setting up and conducting experiments on thermal neutralization of oily waters at the stand are considered. The stand for measuring fuel and oil-containing water consumption has been finalized in a mass manner, calibration for the consumption of oil-containing water has been performed depending on the pressure in the tank. A screening experiment plan has been defined that ensures a minimum of technological operations during the transition from one experiment to another. The methodology of conducting experiments has been developed.

Keywords: oil-containing waters, thermal neutralization, experimental stand, screening experiment, experimental plan.

Введение

При эксплуатации оборудования судовой энергетической установки вследствие протечек воды, топлива и масла, конденсации водяных паров на холодных поверхностях и прочих причин неизбежно происходит образование нефтесодержащих вод (НСВ). Сброс НСВ за борт запрещен национальным и международным законодательством, а разнообразные и многочисленные методы и технологии, применяемые на судах для очистки НСВ, хотя и способны значительно снизить содержание нефтепродуктов в НСВ, но не обеспечивают полную утилизацию этих нефтепродуктов. Например, достижение в современных системах очистки остаточного содержания нефтепродуктов на уровне 1...10 ppm удовлетворяет существующим национальным и международным стандартам, но, тем не менее, некоторое количество нефтепродуктов попадает в водную среду [1-6].

Актуальной задачей является поиск такого способа утилизации НСВ, который обеспечивал бы полное разделение нефтепродуктов и воды. Выполненный анализ [6] показал, что полную утилизацию нефтепродуктов обеспечивает способ термического (огневого) обезвреживания. При этом происходит испарение воды, и разложение нефтеостатка с его последующим дожиганием. В качестве источника теплоты для этого процесса можно использовать бросовую теплоту отработавших газов главных и/или вспомогательных двигателей. Одним из вариантов термического (огневого) обезвреживания НСВ является их распыление на специальном участке в газовыпускной системе судового дизеля. Данное направление малоизучено, в особенности с позиций его применимости в условиях судовой энергетической установки, что определило цель исследования как экспериментальное определение возможности огневого (термического) обезвреживания НСВ на базе судовой энергетической установки, в частности, главных и вспомогательных двигателей. Из-за риска нарушения работоспособности двигателя начальный этап исследований выполняется на специализированном стенде [7] (рисунок 1), где в качестве источника выпускных газов выступает газовая горелка.



Рисунок 1 – Стенд термического обезвреживания нефтесодержащих вод

Проведенные опыты показали, что температура в газоходе стенда и состав продуктов сгорания соответствуют параметрам отработавших газов судового двигателя. То есть стенд позволяет имитировать процессы, происходящие в газовыпускной системе судового дизеля.

Подготовка экспериментального стенда

Очевидно, что на процесс термического обезвреживания НСВ должна влиять температура в газоходе: чем она выше, тем большее количество воды можно испарить. С другой стороны, температура отработавших газов двигателя определяется его режимом работы и наличием устройств для полезного использования энергии этих газов. В четырехтактных двигателях эта температура составляет 450...600 °С [8]. Для контроля температуры в экспериментальном газоходе использованы 5 термопар (Т02...Т06) типа К, подключенных к модулям оцифровки сигнала на базе микросхем MAX6675. Еще одна термопара (Т01) задействована для контроля температуры НСВ. Таким образом, шесть измерительных каналов по температуре объединены в модуле МТ-06s, откуда информация передается в блок регистрации измерений БРИЗ-АТ. Термопары откалиброваны [9] по двум реперным точкам 0 и 100 °С, так что максимальная относительная погрешность измерений не превышает 1,5%. Термопары расположены в газоход с интервалом 300 мм, что позволяет контролировать изменение температуры по длине канала (рисунок 2). Точка подачи НСВ в канал расположена посередине интервала между термопарами Т02 и Т03.

С другой стороны на процесс термического обезвреживания влияет количество подаваемой НСВ. Чем больше расход НСВ, тем значительнее снижение температуры в газоходе вплоть до наступления ситуации, когда энтальпии продуктов сгорания недостаточно для испарения воды. В работе [10] выполнена оценка подачи НСВ в зависимости от допускаемого снижения температуры отработавших газов дизеля. Помимо количества (т.е. расхода НСВ), для термических процессов важно и ее «качество», то есть подача НСВ в мелкодисперсном виде. Это позволяет сконцентрировать термические процессы на коротком участке газохода. Одновременно расход и распыление капель можно оценить одним параметром – давлением при подаче НСВ в газоход. Чем больше давление, тем больше расход НСВ и тем мельче будут отдельные ее капли при выходе через форсунку.

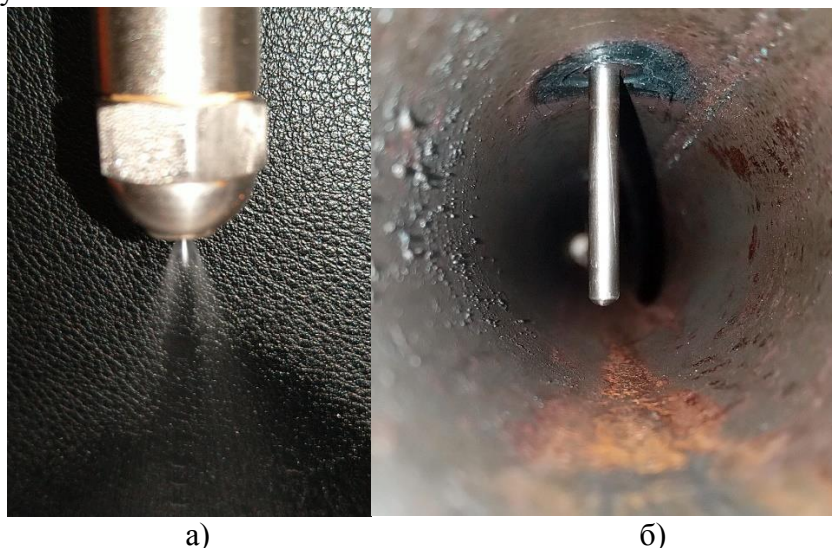


Рисунок 2 – Форсунка распыления нефтесодержащих вод (а) и термопара в газоход (б)

Давление в баке, из которого подается НСВ, измеряется поверенным манометром МТ-5 и откалиброванным электронным датчиком, подключенным к блоку регистрации измерений БРИЗ-АТ. В ходе предварительных опытов [11, 12] выяснилось, что давление в баке 6...8 бар приводит к существенному превышению расхода НСВ по сравнению с возможностями стенда по ее испарению. Решением стало уменьшение диаметра форсунки с 0,5 до 0,2 мм и снижение давления до 1,5...2 бар, что вызвало необходимость замены датчика давления и манометра [12]. Для расчета энергетических характеристик процесса целесообразно предусмотреть возможность измерения расхода газа, используемого в горелке. Для этого использован тензометрический весовой датчик с оцифровкой сигнала на модуле НХ-711. Хорошие результаты измерений (относительная погрешность 0,25%) массы газа в баллоне и ее изменения в ходе опытов побудили к установке аналогичных датчиков и для измерения массы НСВ в баке. Но здесь точность оказалась ниже, так как, во-первых, убыль НСВ в ходе опытов существенно меньше массы самого бака (изначально предполагалось рабочее давление в нем 10 бар) и, во-вторых, для столь массивного бака потребовалось распределить вес на 3 датчика.

Также на процесс термического обезвреживания должно влиять количество нефтепродукта в НСВ. НСВ для опытов готовилась искусственно, путем смешивания заданного количества топлива и воды. Для повышения стабильности такой смеси добавлялось 0,5...1 мл ПАВ. Поскольку стенд должен имитировать газоход судового двигателя, то и требования к газовому составу на стенде должны быть аналогичными требованиям к отработавшим газам дизелей [13, 14]. Иными словами, процессы в газоходе даже в самом негативном случае не должны увеличивать эмиссию нормируемых вредных веществ в отработавших газах двигателя свыше установленных норм. Согласно ГОСТ 31967-2012 в Российской Федерации нормируются в составе отработавших газов двигателей выбросы угарного газа CO, оксидов азота NO и NO₂ (в приведении к NO₂), углеводородов CH (в приведении к CH_{1,85}). При рассмотрении процессов термического обезвреживания следует контролировать выбросы именно этих веществ. Замер состава выпускных газов осуществляется газоанализаторами ДАГ-510МВ и АГМ-510МВ. Приемный зонд газоанализатора установлен между термopарами Т05 и Т06.

Газоанализаторы позволяют организовать запись измерений во внутреннюю память с минимальным интервалом 5 с. Блок регистрации измерений БРИЗ-АТ имеет периодичность опроса датчиков 2 с, с отображением результатов на встроенном экране и возможностью их записи в память. Для облегчения синхронизации результатов из блока регистрации с данными газоанализатора интервал записи установлен 6 с. Это позволяет, помимо синхронизации, получить с одной стороны полную картину переходных процессов при включении/выключении подачи НСВ, а с другой объем обрабатываемой информации составляет 400...600 записей, что не затрудняет их обработку. Данные с блока БРИЗ-АТ и газоанализатора могут быть переданы через СОМ-порт на компьютер. Таким образом, визуализацию данных в числовом и графическом виде, их последующую обработку и архивирование можно выполнить на нем.

Условия проведения эксперимента отслеживает датчик температуры, атмосферного давления и влажности ВМЕ280, установленный в блоке БРИЗ-АТ. Для привязки к реальному времени в блоке БРИЗ-АТ установлен RTC-модуль DS3233.

Проведение эксперимента

Эксперимент по выявлению влияния рассмотренных выше факторов на параметры и результаты процесса термического обезвреживания НСВ состоит из двух стадий. Первая стадия – отсеивающий эксперимент, задача которого разделение факторов на статистически значимые, то есть такие, изменение которых приводит к статистически значимым изменениям откликов, и незначимые, при изменении которых изменение

откликов обусловлено случайными причинами. Вторая стадия – поиск значений факторов, обеспечивающих оптимальные (или наиболее благоприятные) значения откликов. Поскольку вторая стадия исследований подразумевает завершение работ по первой, то пока сосредоточим всё внимание на первой стадии.

Факторами будут рассмотренные выше физические величины: температура на входе в газоход (T_{02}), давление в баке (p_m), концентрация нефтепродукта в воде ($C_{нсв}$). В качестве основных откликов выступают температуры по длине газохода (характеризуют протекание процесса) и параметры газового анализа (характеризуют результат). Все факторы и отклики являются измеряемыми физическими величинами в границах экспериментального стенда. Вместе с тем, температура на входе в газоход и давление в баке могут быть изменены в ходе опыта, тогда как для изменения концентрации нефтепродукта требуется его остановка и декомпрессия бака. Это обстоятельство определяет порядок задания факторов при планировании эксперимента.

Для отсеивающего эксперимента наиболее экономичными являются планы Плакетта – Бермана [15, 16], которые для k факторов позволяют ограничиться $k+1$ опытом, при условии, что количество опытов кратно четырём. Таким образом, для 3 факторов в отсеивающем эксперименте достаточно 4-х опытов.

Поскольку в ходе опытов осуществляется запись параметров с заданной периодичностью, можно наблюдать и переходные процессы при включении/выключении подачи НСВ. Это определило методику проведения опытов. Для каждого опыта НСВ с заданной концентрацией нефтепродукта заливается в бак, после чего в нем создается требуемое давление, а затем зажигается горелка, и перемещением горелки относительно входа в газоход устанавливается требуемая по плану эксперимента температура. После выхода температуры на установившееся значение (режим «Прогрев») открывается подача НСВ (режим «Подача НСВ»). При этом появляется возможность наблюдать как изменение откликов, вызванное подачей НСВ, так и их установившиеся значения.

Выводы

Выявлены внешние параметры, которые могут оказывать влияние на физические и химические процессы (и их результаты), происходящие при термическом обезвреживании НСВ.

Периодическая запись, то есть, фактически, мониторинг измеряемых параметров газоанализатором и блоком БРИЗ-АТ открывает широкие возможности для анализа как переходных, так и установившихся режимов работы стенда. При обработке результатов эксперимента (проведении опытов) следует сравнивать вариабельность откликов не только в различных опытах, но и их вариабельность при переходе с режима работы горелки (режим «Прогрев») на режим подачи НСВ.

Эксперимент по термическому обезвреживанию НСВ теплотой выпускных газов подготовлен с организационной, методической и метрологической стороны.

Список литературы:

1. Ходжаев С.С., Страхова Н.А. Современные процессы и установки для очистки судовых нефтесодержащих вод // Эксплуатация морского транспорта. – 2019. – № 4(93). – С. 91-99. – DOI 10.34046/aumsnomt93/16. – EDN IHJNPS.
2. Тихомиров Г.И. Технологии обработки воды на морских судах. Владивосток, Мор. гос. ун-т, 2013. 159 с.
3. Методы утилизации нефтяных шламов / И. Ш. Хуснутдинов, А. Г. Сафиулина, Р. Р. Заббаров, С. И. Хуснутдинов // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2015. – Т. 58. – № 10. – С. 3-20. – EDN UQCSGR.

4. Ксенофонов, Б. С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии, 2010. 272 с.
5. Писарев, А. О. Актуальные проблемы очистки судовых нефтесодержащих вод / А. О. Писарев, А. С. Курников // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2009. – № 27. – С. 97-108. – EDN ROBTXF.
6. Чернов В.А., Бевза Д.И., Шураев О.П., Чичурин А.Г. Методы очистки нефтесодержащих вод // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2022. №. 3. С. 50-59. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-3-50-59>.
7. Чернов В.А., Шураев О.П., Чичурин А.Г. Стенд для исследования термического обезвреживания нефтесодержащих вод. // Научные проблемы водного транспорта. 2022, №73. С. 79-87. DOI 10.37890/jwt.vi73.314. – EDN SPAOSZ.
8. Леонтьевский Е.С. Справочник механика и моториста теплохода. М.: Транспорт, 1981. 352 с.
9. Шураев, О. П. О калибровке термодатчиков для измерения температуры жидких и газовых сред в системах судовой энергетической установки / О. П. Шураев, Г. О. Шураев // Транспорт. Горизонты развития: Труды 4-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород-Новосибирск-Владивосток-Самара, 23–26 апреля 2024 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2024. – С. 52. – EDN XBQCSK.
10. Чичурин А.Г., Шураев О.П. Утилизация нефтесодержащих вод теплотой отработавших газов судовых дизелей. // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2016, №47. С. 201-206.
11. Чернов В.А., Шураев О.П., Чичурин А.Г. Эксперименты по термическому обезвреживанию судовых нефтесодержащих вод // Научные проблемы водного транспорта. 2024. № 79. С. 122-130. DOI 10.37890/jwt.vi79.478. – EDN RDFHNL.
12. Доводочные испытания стенда термического обезвреживания судовых нефтесодержащих вод / В. А. Чернов, О. П. Шураев, А. Г. Чичурин, Ю. Р. Гуро-Фролова // Научные проблемы водного транспорта. 2024. № 80. С. 77-88. – DOI 10.37890/jwt.vi80.513. – EDN LMDEDR.
13. Российское классификационное общество. Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов. М.: 2019 (переизд. 2022). / URL: <https://rfclass.ru/assets/Uploads/PPZS.pdf?t=1718632553> (Дата обращения 19.11.2024).
14. ГОСТ 31967-2012. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения. – М.: Стандартинформ. 2014. 31 с.
15. Основы научных исследований на речном транспорте. / П.И. Бажан, Б.И. Вайсблат, И.И. Трянин. Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1990. 319 с.
16. Зуйков Д.В., Крупин А.Е. Отсеивание факторов при планировании эксперимента // Вестник НГИЭИ. 2014. №4 (35). С. 62–70. – EDN SCWYET.

УДК.629.12/338.47

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Андреев Константин Геннадиевич¹, доцент кафедры специальных технических дисциплин

e-mail: akg63@mail.ru

Гер Дмитрий Викторович¹, Студент

e-mail: Dima_Ma78@mail.ru

¹Омский институт водного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», Омск, Россия

Аннотация. Импортозамещение на водном транспорте является важным направлением экономической политики России, особенно в условиях современных вызовов и ограничений. Актуальность темы определяется необходимостью создания конкурентоспособного судостроительного комплекса, способного удовлетворить внутренний спрос на морские перевозки и обеспечить экономическую безопасность страны. Целью данного исследования является анализ текущего состояния и перспектив импортозамещения в сфере водного транспорта. В процессе работы поставлены следующие задачи: оценка уровня импортозамещения, выявление проблем и возможностей в отрасли, а также анализ влияния внешнеэкономических факторов. В качестве методов исследования использовались дескриптивный и сравнительный анализ данных, а также кейс-стадии успешных проектов. Результаты исследования показали, что, несмотря на достижения в производстве отечественных судов, существуют значительные проблемы, такие как нехватка квалифицированных кадров и устаревание технологии.

Ключевые слова: импортозамещение, водный транспорт, судостроение, экономическая безопасность, инновационные технологии.

IMPORT SUBSTITUTION ON WATER TRANSPORT

Andreev Konstantin Gennadievich¹, Associate Professor of the Department of Special Technical Disciplines

e-mail: akg63@mail.ru

Dmitry Viktorovich Ger¹, Student

e-mail: Dima_Ma78@mail.ru

¹Omsk Institute of Water Transport – branch of the Siberian Federal State Budgetary Educational Institution State University of Water Transport, Omsk, Russia

Annotation. Import substitution in water transport is an important area of Russia's economic policy, especially in the context of modern challenges and restrictions. The relevance of the topic is determined by the need to create a competitive shipbuilding complex capable of meeting domestic demand for maritime transportation and ensuring the economic security of the country. The purpose of this study is to analyze the current state and prospects of import substitution in the field of water transport. In the course of the work, the following tasks were set: assessment of the level of import substitution, identification of problems and opportunities in the industry, as well as analysis of the impact of foreign economic factors. Descriptive and comparative data analysis, as well as case-stages of successful projects were used as research methods. The results of the study showed that, despite the achievements in the production of domestic vessels, there are significant problems, such as a shortage of qualified personnel and

Импортозамещение на водном транспорте представляет собой стратегически важное направление в рамках экономической политики Российской Федерации, ориентированное на создание и развитие селективного и эффективного судостроительного сектора. В условиях глобальной экономики, характеризующейся постоянными изменениями и нестабильностью, особую актуальность приобретает необходимость минимизации зависимости страны от иностранных технологий, материалов и компонентов [7].

С переходом к новой экономической реальности, вызванной санкциями и международной политической конъюнктурой, акцент на импортозамещение становится не просто предпочтительным, а необходимым элементом государственной стратегии. Одной из ключевых задач является формирование конкурентоспособной производственной базы в области судостроения, что подразумевает использование отечественных ресурсов, максимизацию рождающихся наукоемких технологий и снижение доли импортируемых судов, судовых конструкций и оборудования.

Научные исследования в данной области показывают, что морской и речной транспорт являются основными компонентами транспортной инфраструктуры, играющими решающую роль в обеспечении внутренней логистики, внешнеэкономической деятельности и, в конечном итоге, в устойчивом развитии экономики страны. Таким образом, стратегия импортозамещения в водном транспорте требует комплексного подхода, учитывающего как технические, так и экономические, а также социальные аспекты.

В контексте вышеизложенного, данное исследование направлено на анализ текущего состояния импортозамещения на водном транспорте, выявление существующих проблем и возможностей, а также на формулирование рекомендаций по оптимизации процесса с целью достижения максимальной эффективности и конкурентоспособности отечественного судостроительного сектора [4].

1. Анализ текущего состояния: необходимо провести всесторонний анализ существующих процессов импортозамещения в судостроительной отрасли, включая оценку доли иностранного оборудования и технологий, действующих производственных мощностей, уровня технологической готовности и квалификации кадров.

2. Выявление проблемных зон: Одной из центральных задач является идентификация ключевых проблем, препятствующих успешному импортозамещению. Это включает в себя изучение факторов низкой инновационной активности, слабой кооперации между научными учреждениями и производственными предприятиями, а также недостаточного финансирования исследований и разработок [2].

3. Оценка потенциала и возможностей: необходимо оценить потенциал отечественной промышленности для разработки новых судов и судовых технологий, включая анализ перспективных направлений научных исследований и их влияния на конкурентоспособность производства.

4. Разработка рекомендаций: на основе результатов аналитической части исследования требуется разработать конкретные рекомендации для государственных органов, промышленных предприятий и научных организаций, направленные на успешное

импортозамещение в сфере водного транспорта. Важным аспектом рекомендаций является создание условий для инновационной деятельности, а также формирование механизмов поддержки малых и средних предприятий в судостроительной отрасли.

5. Мониторинг и оценка эффективности: следует разработать методы мониторинга и оценки эффективности мероприятий, связанных с импортозамещением, а также систематизировать подходы к их реализации на уровне государственной программы.

Таким образом, поставленная задача включает в себя множество взаимосвязанных компонентов, цель которых — создание стратегической основы для успешного импортозамещения на водном транспорте, что, в свою очередь, будет способствовать устойчивому развитию национальной экономики и обеспечению ее конкурентоспособности на международной арене [9].

Импортозамещение на водном транспорте представляет собой стратегическую концепцию, направленную на снижение зависимости национальной экономики от иностранных поставок товаров и технологий в сфере морской промышленности, что включает судостроение, судоремонт и эксплуатацию водного транспорта [5]. Данная теория основывается на ряде ключевых аспектов, которые требуют комплексного рассмотрения.

1. Экономическая целесообразность. С точки зрения микроэкономики, импортозамещение может способствовать снижению затрат на логистику и повышению экономической безопасности страны. Целесообразность данного процесса заключается в использовании отечественных ресурсов и производственных мощностей, что способствует созданию рабочих мест и увеличению налоговых поступлений в бюджет [1].

2. Технологическая независимость. Импортозамещение также связано с необходимостью достижения технологической независимости. На современном этапе развития водного транспорта значительно возрастает роль инновационных технологий, которые могут снизить негативное воздействие на окружающую среду, повысить безопасность навигации и сделать эксплуатацию судов более эффективной. При этом наличие собственных технологических разработок позволяет избегать уязвимости, связанной с внешними экономическими санкциями.

3. Региональная политика. Импортозамещение в сфере водного транспорта может быть поддержано через разработку региональных программ, направленных на развитие судостроительных и судоремонтных предприятий. Региональная политика должна учитывать специфику и потребности отдельных территорий, включая использование местных ресурсов и создание кластеров, обеспечивающих полный цикл: от проектирования и строительства до эксплуатации и технического обслуживания судов.

4. Научная база. Основой для успешного импортозамещения является активное внедрение научных исследований и разработок. Важным аспектом является кооперация между высшими учебными заведениями, научными институтами и промышленностью. Это способствует не только созданию новых технологий, но и повышению квалификации кадров в судостроительной отрасли [8].

5. Государственная поддержка. Импортозамещение в водном транспорте требует активной государственной поддержки на уровне законодательных инициатив и финансовых механизмов. Включение субсидий, налоговых льгот и программ финансирования позволит стимулировать инвестиции в развитие отечественного судостроения и судоремонта.

6. Международные аспекты. В условиях глобализации важно учитывать международные аспекты импортозамещения. Комплексный подход к оценке конкурентоспособности отечественного судостроения требует анализа мировых тенденций, а также вовлечения отечественных предприятий в международные кооперационные проекты.

В процессе реализации стратегий импортозамещения на водном транспорте был проведён ряд экспериментов и пилотных проектов, направленных на снижение зависимости от импорта и развитие отечественного производства [3]. Основные результаты этих экспериментов можно обобщить следующим образом:

1. Инновационные технологии в судостроении. Эксперименты по разработке и внедрению новых технологий в судостроении продемонстрировали возможность создания высококачественных судов с использованием исключительно отечественных материалов. Применение современных CAD/CAM-систем и автоматизированных производственных линий позволило снизить производственные сроки и повысить конкурентоспособность продукции.

2. Оптимизация производственных процессов. В рамках экспериментов была осуществлена модернизация действующих верфей, что позволило увеличить мощности и улучшить качество сборки судов. Анализ производственных показателей свидетельствует о снижении времени на выполнение заказа в среднем на 25%, а также о повышении доли локализованных комплектующих до 60%.

3. Экологические и экономические аспекты. Результаты испытаний судов, работающих на альтернативных источниках энергии (например, сжиженном природном газе), показали снижение выбросов парниковых газов на 40% по сравнению с традиционными углеводородными топливами. Это, в свою очередь, способствовало улучшению экологической ситуации в прибрежных зонах и соответствовало международным стандартам охраны окружающей среды.

4. Кадровое обеспечение и обучение. Эксперименты по созданию программ подготовки и переподготовки кадров в сфере судостроения позволили повысить квалификацию специалистов на 30% за счёт внедрения современных образовательных методик и практических курсов, что положительно сказалось на качестве выполняемых работ.

5. Разработка новых типов судов. В ходе исследований был осуществлён опыт проектирования и строительства многоцелевых судов, адаптированных для работы в условиях внутреннего водного транспорта. Эти суда демонстрируют высокую маневренность и экономическую эффективность, что соответствует требованиям современного водного транспорта.

6. Сотрудничество и кооперация. Реализация проектов по импортозамещению способствовала установлению и укреплению связей между отечественными производителями, научными учреждениями и государственными структурами. Это содействовало созданию новых кооперационных цепочек и взаимного обмена опытом, что в свою очередь ускорило процесс внедрения инновационных разработок.

Выводы и заключение

Импортозамещение на водном транспорте является критически важным для экономической самокупаемости России [6]. Несмотря на определенные положительные результаты, для достижения устойчивости требуется комплексный подход, включающий инновации, инвестирование в обучение персонала и улучшение инфраструктуры.

Необходимо дальнейшее совершенствование законодательных и организационных аспектов для обеспечения успешной реализации стратегии импортозамещения в данной сфере. Экспериментальные результаты в области импортозамещения на водном транспорте свидетельствуют о значительных достижениях в развитии отечественного судостроения, положительных изменениях в производственных процессах и внедрении экологически чистых технологий. Такие результаты создают потенциал для дальнейшего устойчивого развития морской отрасли и укрепления позиций на международном рынке.

Список литературы:

1. Грязева, А. А. (2016). Импортозамещение в судостроении: теоретические и практические аспекты. Москва: Издательство МГТУ.
2. Кирьянова, Т. П. (2017). Развитие отечественного судостроения как элемент экономической безопасности страны. Вестник морского транспорта, 3(21), 12-15.
3. Лебедев, И. В. (2018). Проблемы и перспективы импортозамещения в водном транспорте России. Транспорт России, 2(45), 25-32.
4. Савельев, А. Н. (2019). Инновации в судостроении как фактор импортозамещения. Сделано в России: перспективы импортозамещения, 1(1), 78-83.
5. Петров, С. И., & Васильева, Е. А. (2020). Государственная поддержка судостроительной отрасли в условиях импортозамещения. Экономические исследования, 4, 34-41.
6. Кузнецов, А. Б. (2021). Импортозамещение на водном транспорте: международный опыт и российская практика. Санкт-Петербург: Издательство СПбГЭТУ.
7. Иванов, Д. Ю. (2023). Анализ практики импортозамещения в судоремонтной отрасли России. Инновации и инвестиции, 2, 60-67.
8. Морозов, К. А. (2023). Перспективы развития и проблемы импортозамещения на внутреннем водном транспорте. Транспортное дело, 1(12), 18-25.
9. Семенова, Н. В. (2023). Импортозамещение и зеленые технологии в судостроении. Экология и промышленность России, 4, 112-117.

УДК 656.6

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОЛИТИКИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В СФЕРЕ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Зинурова Гузель Халитовна¹, начальник отдела среднего профессионального образования

e-mail: gzinurova80@mail.ru

Рудник Елизавета Александровна¹, студентка

e-mail.ru: elizavetarudnik.ru@mail.com

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ», Казань, Россия

Аннотация. В статье рассматривается концепция импортозамещения в России с акцентом на водный транспорт. В условиях санкционного давления и исчезновения иностранных товаров, российские предприятия берут на себя ответственность за производство необходимых деталей и оборудования. В частности, анализируются успехи судостроительных заводов Татарстана и других регионов, которые активно занимаются разработкой и производством судов и комплектующих.

Ключевые слова: импортозамещение, водный транспорт, судостроение, Россия, предприятия, республика Татарстан, судовые детали, федеральная программа, экономическая политика, национальные интересы.

PRIORITY AREAS OF IMPORT SUBSTITUTION POLICY IN THE FIELD OF WATER TRANSPORT

Zinurova Guzel Khalitovna¹, Head of the Department of Secondary Vocational Education

e-mail: gzinurova80@mail.ru

Elizabeth A. Rudnik¹, student

e-mail.ru: elizavetarudnik.ru@mail.com

¹ The Hero of the Soviet Union M.P. Devyataev Institute of Marine and River Fleet, Kazan Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Kazan, Russia

Abstract: The article discusses the concept of import substitution in Russia with an emphasis on water transport. Under the conditions of sanctions pressure and the disappearance of foreign goods, Russian enterprises take responsibility for the production of necessary parts and equipment. In particular, the success of shipbuilding plants in Tatarstan and other regions, which are actively engaged in the development and production of ships and components, is analyzed.

Keywords: import substitution, water transport, shipbuilding, Russia, enterprises, Republic of Tatarstan, ship parts, federal program, economic policy, national interests.

Импортозамещение — это замещение товара, произведенного за границей, товаром произведенным внутри страны.

С данной ситуацией в стране, наши предприятия, заводы были вынуждены взять на себя ответственность по замещению товаров, которые ушли из России. Это касается

разных сфер деятельности, от продуктов продовольствия до деталей воздушного, наземного, подземного и водного транспорта.

Республика Татарстан славится водным транспортом. Столица республики - город Казань, окружен водой. Главными реками республики считается Волга, Кама, Свияга, Зая, Казанка. Данные реки помогают добраться из Татарстана во многие другие регионы нашей необъятной страны. Но на судне могут произойти разные ситуации, поломка транспорта часта проблема. Детали, оборудование, даже сами суда производятся вне страны. По данным более 70% оборудования и деталей, используемых на водном транспорте России производится за границей. Большая часть оборудования закупалась в таких странах, как: Португалия, Финляндия, Австрия, Германия. Однако, уже в 2023 году основная часть оборудования, нужного для водного транспорта, производилась в России и дружеских странах [1].

По оценкам экспертов, не менее 70% оборудования, используемого сейчас на российских судах, иностранного производства. Значительная его часть покупалась ранее в Европе, Японии и других странах, прекративших поставки из-за введенных против РФ санкций. В ближайшие несколько лет судостроительные заводы будут стараться найти замену этому оборудованию в Китае, но в рамках реализации введенного в 2021 году плана мероприятий по импортозамещению им придется ежегодно увеличивать степень локализации своего производства. Спрос на российскую продукцию будет расти не менее чем на 10% в год, причем отечественным поставщикам необходимо готовиться к этому уже сейчас [1].

В настоящее время в России действует «План мероприятий по импортозамещению в судостроительной отрасли до 2024 года», который утвержден приказом Минпромторга России № 2916 от 2 августа 2021 г. и приобрел особую актуальность с учетом последних событий [4].

Кроме того, в рамках Постановления Правительства РФ № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» (принято 17 июля 2015 года, актуальные изменения по судостроительной промышленности внесены отдельным постановлением от 19 мая 2021 года) определены четкие критерии локализации по 23 позициям судового комплектующего оборудования и судовых систем:

- 1) введена балльная система оценки степени импортозамещения при производстве каждой из этих позиций;
- 2) закреплено требование по соответствию суммарного количества баллов всего установленного на каждом новом судне оборудования действующим нормативам;
- 3) определены конкретные значения этих нормативов по годам: не менее 2500 баллов (около 40% от максимального количества) до 2023 года, 3500 баллов к 2025 году и т. Д. [4].

Заказчики судов и их производители смогут самостоятельно выбрать перечень оборудования, с помощью которого будет достигаться необходимая степень локализации, с учетом специфики и назначения судна. В среднем запланировано повышение уровня локализации на 10% в год.

Основные вызовы, которые сейчас стоят перед российским судостроением, связаны в первую очередь с обеспечением автономной работы промышленности без использования иностранных поставок в условиях ужесточения западных санкций.

Определенный задел для формирования технологического суверенитета в судостроительной отрасли был создан благодаря реализации комплексной политики импортозамещения, которая направлена на повышение спроса на российскую продукцию, в том числе путем оказания поддержки отечественным производителям.

В последние годы действительно наблюдается активное развитие российского судостроения, что связано не только с обновлением флота, но и с созданием новых производственных мощностей и разработкой технологий, способствующих развитию промышленности. Стратегия импортозамещения, проводимая правительством, направлена на снижение зависимости от иностранного оборудования и комплектующих, что особенно актуально в данных условиях. Процесс обновления флота проходит во всех секторах гражданского судостроения. Смотри на перспективный план Минпромторга России до 2035 года, нуждаемость в гражданских судах и морской технике вырастит более на 1000 сложных судов и объектов морской техники.

В связи со сложной геополитической обстановкой и санкционным давлением необходимость развития и расширения импортозамещения, в том числе в судостроительной отрасли, очевидна. Основным инструментом в этой работе остается постановление Правительства № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации», где определены критерии поэтапной локализации судов, объектов морской техники и судового оборудования [2].

На регулярной основе проводится работа по совершенствованию механизма, предусмотренного постановлением № 719. Например, редакция документа, действующая до применения балльной системы определения уровня локализации судов и объектов морской техники, вызывала справедливые нарекания в связи с отсутствием на рынке конкурентоспособной продукции российского производства по всей номенклатуре обязательных требований и невозможностью изъятия тех позиций, которые по объективным причинам не удалось применить при строительстве судна.

В целом постановление № 719 является связующим звеном между мерами государственной поддержки для судостроительной отрасли, направлено на стимулирование повышения спроса на российскую продукцию. Документ способствует развитию отечественного производства, поскольку создает отдельную группу нормативных правовых актов, направленных на импортозамещение в судостроении.

Комплексная политика импортозамещения включает взаимосвязанные между собой меры. В первую очередь это финансовые меры государственной поддержки, используемые для предоставления субсидирования на строительство судов, объектов морской техники и на разработку и производство судового оборудования, а также льготный лизинг с участием ГТЛК.

Далее идут нефинансовые стимулирующие меры государственной поддержки. Они призваны содействовать развитию импортозамещения и локализации продукции судостроения путем запрета закупки иностранных товаров, установлению типовых условий контрактов на строительство судов, объектов морской техники и минимальной доли закупок российской продукции судостроения. Кроме того, нефинансовые меры государственной поддержки закрепляют обязательность выполнения требований по локализации.

Указанные меры взаимосвязаны между собой, все они обеспечивают выполнение требований постановления правительства № 719 для получения мер государственной поддержки.

Для комфортной работы предприятий с постановлением № 719 Минпромторг проводит корректировку документа. Так, в 2024 году смягчены требования к уровню локализации рыболовных, крабовых и рефрижераторных судов, строительство которых осуществляется в рамках второго этапа программы «Квоты под киль» [3].

Изменения были разработаны в связи с обращениями рыбопромысловиков в Минпромторг с жалобой на проблемы при строительстве судов. Заказчики судов жаловались на повышенную сумму баллов при оценке локализации их производства по

методике Минпромторга, которая действовала с 1 июля 2023 года. Для решения этих проблем было решено вернуться к количеству баллов, которое было актуально до 1 июля 2023 года, и продлить их действие на два года. Таким образом, в новой редакции постановления правительства минимальное необходимое количество баллов, оценивающих локализацию рыболовных, крабовых и рефрижераторных судов, снижено до предыдущего значения.

Новый документ позволит скорректировать правила выдачи заключения Минпромторга о подтверждении производства продукции в России. В частности, для судов длиной до 25 м исключено требование получить заключение Минпромторга на каждый строительный номер при оформлении статуса «российская продукция».

В России действуют высокие ввозные пошлины на комплектующие для судового оборудования (5–10%) и низкие ввозные пошлины на готовое оборудование (0–5%), из-за чего итоговая цена локализованного оборудования на 15–20% выше по сравнению с импортируемым, поэтому локализация производства судового оборудования в России нерентабельна. Минпромторг планирует увеличить таможенные пошлины на импорт готового оборудования и снизить пошлины на комплектующие изделия вплоть до 0%.

Классификатор товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза (ТН ВЭД ЕАЭС,), используемый для установления пошлин, как и классификатор ОКПД2, содержит множество позиций обезличенного характера. Отсутствует возможность идентифицировать конкретные изделия в части судового оборудования, которое используется как для строительства судов, так и при судоремонте [3].

Так как ОКПД2 широко используется в нормативно-правовых актах, регулирующих деятельность судостроительной отрасли, в конструкторских и технологических документах, в стандартизации и сертификации, установлении области деятельности отраслевых предприятий и т. п., Минпромторг принял решение в первую очередь внести изменение в ОКПД2 и на его основе разработать предложения по внесению отдельных позиций в классификатор ТН ВЭД ЕАЭС для дальнейшего соблюдения единой терминологии и иерархической структуры двух классификаторов.

Проект изменений в классификатор ОКПД2 подготовлен и рассматривается федеральными органами исполнительной власти. Пока нет возможности составить проект изменений ТН ВЭД ЕАЭС в отношении запасных частей, материалов и комплектующих, используемых для строительства судов и судоремонта, так как изменения в ОКПД2 не утверждены и могут корректироваться в части наименования позиций на очередной стадии согласования проекта ответственными структурами.

После утверждения проекта изменений в классификатор ОКПД2 и введения в действие его окончательной редакции будет разработан план по включению отдельных позиций в ТН ВЭД ЕАЭС в отношении запасных частей, материалов и комплектующих, используемых для строительства судов и судоремонта и будут скорректированы ввозные пошлины [3].

Для развития и дополнения комплекса мер государственной поддержки сейчас ведется работа по формированию субсидий производителям пилотных партий критически важного судового оборудования, с тем чтобы предоставлять льготы (до 20 % от стоимости оборудования) при покупке такого оборудования, повысить его конкурентоспособность по цене. Минпромторг разработал соответствующий проект решения о порядке предоставления субсидий, документ проходит согласование в заинтересованных федеральных органах.

Планируется предоставлять субсидии организации – производителю пилотных партий оборудования не более 3 лет подряд. Таким образом будут созданы условия для снижения

цены, повышения спроса, в расчете на который будет наращиваться серийное производство с планомерным снижением себестоимости.

Результатом предоставления субсидии считается стоимостной объем реализации критического судового оборудования, заявленный производителем в предыдущем финансовом году и в год предоставления субсидии. Реализация указанной меры поддержки позволит обеспечить конкурентное ценообразование для пилотной партии судового оборудования, необходимого для строительства судов различного типа.

Кроме того, разрабатываются субсидии российским судостроительным организациям Дальневосточного федерального округа на возмещение части затрат, связанных со строительством гражданских судов. Дальневосточные верфи смогут возмещать часть потерь при строительстве судов валовой вместимостью до 8000 регистрационных тонн.

Размер субсидии на одно судно составит 20% от контрактной цены, но не более предельного размера. Так, для судостроительных предприятий, расположенных в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностям ДФО, предел — 2 млрд рублей, в других районах Дальнего Востока — не более 1 млрд рублей [4].

В условиях сложившейся геополитической ситуации и санкционного давления приоритетами для судостроительной отрасли остаются развитие отечественного производства и поиск возможных рынков реализации продукции. Как показала практика работы с Китаем, даже с поставками из дружественных стран могут быть сложности.

В ответ на ограничения со стороны других стран, Россия предпринимает многочисленные меры, направленные на поддержание отечественных производителей и на формирование технологического суверенитета судостроительной отрасли.

Задача российских предприятий заключается в обеспечении независимости стратегически важной отрасли от внешних факторов, в том числе путем включения своей продукции в Реестр российской промышленной продукции. Этот механизм дает два ощутимых стимула для производителей. Во-первых, повышается спрос на продукцию, включенную в Реестр российской промышленной продукции, потому что за счет нее можно набрать баллы при строительстве судов. Во-вторых, после запуска механизма предоставления субсидий на критически важное судовое оборудование будет доступна финансовая поддержка — предоставление льгот при его покупке.

Таким образом, проект импортозамещения на водном транспорте не только способствует укреплению местной экономики, но и создает основания для устойчивого развития морских перевозок в будущем.

Список литературы:

1. Бендилов М. А., Ганичев Н. А. Преодоление импортозависимости // Экономический анализ: теория и практика, №3 (402), 2018. - С. 2-17.
2. Ершов К. О. Стратегическое управление развитием промышленного комплекса региона в условия ВТО. - Пермь: ФГБУН ИЭ, 2015. - 166 с.
3. Оболенский В. П. Возможности и ограничения политики импортозамещения в промышленности. // Российский внешнеэкономический вестник, №2, 2022. - С. 66-73.
4. Перегородиева Л. Н. Стратегия импортозамещения в России // Экономика, №1, 2021. - С. 33-41.

УДК 629.123

ВЛИЯНИЕ МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СУДОВ

Андреев Константин Геннадиевич¹, доцент кафедры специальных технических дисциплин

e-mail: akg63@mail.ru

Абрамов Руслан Романович¹, студент

e-mail: ruslanabramov925@gmail.com

¹ Омский институт водного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», Омск, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние морских течений на энергоэффективность судов. Анализируется воздействие различных типов течений (постоянные, приливные, ветровые) на расход топлива и общую энергетическую эффективность судоходства. Исследование включает в себя моделирование гидродинамического взаимодействия судна с течением, а также анализ данных о фактическом расходе топлива судов, эксплуатируемых в различных регионах с отличающимися гидрологическими условиями. На основе полученных результатов предлагаются рекомендации по оптимизации маршрутов судоходства с учетом течений для минимизации потребления топлива и снижения выбросов вредных веществ в атмосферу. Работа представляет интерес для специалистов в области судоходства, морской инженерии и экологии.

Ключевые слова: энергоэффективность судов, Морские течения, оптимизация маршрутов, расход топлива, сопротивление движению, гидродинамика, течения, экономия топлива, сопротивление корпуса, оптимизация скорости, безопасность мореплавания, устойчивое судоходство

INFLUENCE OF SEA CURRENTS ON ENERGY EFFICIENCY OF SHIPS

Andreev Konstantin Gennadievich¹, Associate Professor of the Department of special technical disciplines

e-mail: akg63@mail.ru

Abramov Ruslan Romanovich¹, Student

e-mail: ruslanabramov925@gmail.com

¹ Omsk Institute of Water Transport - branch of FGBOU VO 'Siberian State University of Water Transport», Omsk, Russia

Annotation. This article examines the impact of sea currents on the energy efficiency of ships. It analyzes the impact of different types of currents (permanent, tidal, wind) on fuel consumption and overall energy efficiency of shipping. The study includes modeling of the hydrodynamic interaction of a ship with a current, as well as analysis of data on the actual fuel consumption of ships operating in different regions with different hydrological conditions. Based on the results obtained, recommendations are offered for optimizing shipping routes taking into account currents in order to minimize fuel consumption and reduce emissions of harmful substances into the atmosphere. The work is of interest to specialists in the field of shipping, marine engineering and ecology.

Keywords: energy efficiency of ships, ocean currents, route optimization, fuel consumption, resistance to movement, hydrodynamics, currents, fuel economy, hull resistance, speed optimization, navigation safety, sustainable shipping

Оптимизация энергоэффективности судоходства является одной из наиболее актуальных задач современной морской индустрии. Стремление к снижению выбросов парниковых газов и сокращению затрат на топливо стимулирует поиск новых способов повышения эффективности использования энергии на морском транспорте. Значительный потенциал для повышения энергоэффективности скрыт в более полном учете влияния естественных факторов, таких как морские течения. В то время как традиционные расчеты маршрутов и оптимизация скорости хода судна часто игнорируют влияние течений, их учет позволяет существенно снизить сопротивление движению и, как следствие, расход топлива.

Типы течений:

- Приливные течения. Возникают под действием приливообразующих сил Луны и Солнца. Они наиболее сильные, особенно проявляются у берега, на мелководье, в проливах и устьях рек.

- Постоянные течения. Сохраняют средние значения скорости и направления длительное время. Они заметно изменяют свои характеристики от сезона к сезону, но почти не изменяют их от года к году. К ним относятся Гольфстрим, Куроисио, пассатные и другие.

- Ветровые течения. Определяются направлением преобладающих ветров. Это всегда поверхностные течения, они образуются под совокупным влиянием сил трения, турбулентной вязкости, градиента давления, силы Кориолиса. К числу сильнейших ветровых течений относятся Северное и Южное Пассатные течения, течение Западных Ветров и другие.

- Течение Гольфстрим — это одно из сильнейших тёплых океанических течений. Оно берёт своё начало близ берегов США, Канады, направляясь к Европейским странам (в том числе к Скандинавии). Затем становится Североатлантическим, его влияние распространяется на Баренцево море (которое не замерзает).

Влияние течений на энергоэффективность судов:

1. Сопротивление движению:

- Движение по течению (с попутным течением): Течение уменьшает относительную скорость судна относительно воды. Это приводит к снижению сопротивления движению, так как сопротивление, как правило, нелинейно зависит от скорости. В результате снижается потребление топлива и увеличивается дальность плавания. Эффект особенно заметен при высоких скоростях судна и сильных течениях.

- Движение против течения (с встречным течением): Течение увеличивает относительную скорость судна относительно воды. Это увеличивает сопротивление движению, что приводит к значительному увеличению потребления топлива и снижению скорости. В некоторых случаях преодоление сильного встречного течения может потребовать значительного увеличения мощности двигателя и времени в пути.

- Движение под углом к течению: В этом случае течение оказывает боковое воздействие на судно, вызывая боковое скольжение и увеличивая сопротивление движению. Судно вынуждено тратить энергию на корректировку курса, что приводит к дополнительным затратам топлива. [1]

2. Факторы, влияющие на величину влияния:

- Скорость и направление течения: Сила и направление течения являются определяющими факторами. Сильные течения оказывают значительно большее влияние, чем слабые. Направление течения относительно курса судна также критично.

- Характеристики судна: Размер, форма корпуса, осадка, тип двигателя и его характеристики – все это влияет на то, как судно реагирует на воздействие течения. Крупные суда, как правило, более чувствительны к влиянию течений из-за большей площади поверхности контакта с водой.

- Скорость судна: Влияние течения более заметно на высоких скоростях судна. При низких скоростях влияние течения может быть относительно небольшим.

- Тип течения: Постоянные течения оказывают предсказуемое влияние, тогда как приливные течения изменяются во времени, требуя более сложных расчетов и прогнозов. Ветровые течения непредсказуемы и могут значительно менять свое направление и силу.

- Гидрографические условия: Глубина, рельеф дна, наличие препятствий на пути судна могут влиять на силу и направление течения, а также на сопротивление движению.

3. Методы учета влияния течений:

- Моделирование: Использование гидродинамических моделей для расчета сопротивления движению с учетом течения. Эти модели могут быть достаточно сложными, требующими значительных вычислительных ресурсов.

- Эмпирические формулы: Применение упрощенных эмпирических формул для оценки влияния течения на расход топлива. Точность таких формул ограничена.

- Спутниковые данные и океанографические модели: Использование спутниковых данных о высоте уровня моря и данных океанографических моделей для получения информации о скорости и направлении течений. Эти данные могут быть использованы для оптимизации маршрутов.

- Системы автоматического планирования маршрутов (АРМ): Современные системы планирования маршрутов учитывают данные о течениях для оптимизации маршрута и снижения потребления топлива.

4. Экономические и экологические аспекты:

- Экономия топлива: Учет влияния течений может привести к значительной экономии топлива, особенно на длинных маршрутах.

- **Снижение выбросов:** Снижение потребления топлива ведет к уменьшению выбросов парниковых газов и других вредных веществ в атмосферу.

- Уменьшение времени в пути: в некоторых случаях учет течений может сократить время в пути. [2]

Методы оптимизации маршрутов:

1. Обзор существующих методов оптимизации маршрутов с учетом течений:

Существующие методы оптимизации маршрутов с учетом течений можно разделить на несколько категорий:

- Ручное планирование с использованием прогнозов течения: это традиционный подход, основанный на анализе прогнозов течения из различных источников (океанографические модели, спутниковые данные, карты течений) и опыте капитана. Капитан вручную выбирает маршрут, стремясь минимизировать время в пути и расход топлива, учитывая прогнозируемые течения. Этот метод трудоемок, подвержен ошибкам и не всегда обеспечивает оптимальный результат.

- Автоматизированные системы планирования маршрутов (АРМ): Эти системы используют алгоритмы оптимизации (например, A^* , Dijkstra, генетические алгоритмы) для поиска оптимального маршрута с учетом различных факторов, включая течения, метеорологические условия, ограничения по глубине и другим параметрам. АРМ



интегрируют данные из различных источников, включая океанографические модели, спутниковые данные, карты течений и данные AIS. Они позволяют найти более эффективные маршруты по сравнению с ручным планированием, но требуют наличия соответствующего программного обеспечения и данных.

- Методы на основе машинного обучения: в последнее время стали появляться методы, основанные на машинном обучении, которые используют исторические данные о движении судов и данные о течениях для прогнозирования оптимальных маршрутов. Эти методы позволяют учитывать нелинейные зависимости и сложные взаимодействия между различными факторами.

- Гибридные подходы: часто используются комбинированные подходы, которые сочетают различные методы. Например, АРМ могут использовать результаты прогнозирования течения из океанографических моделей и дополнять их данными AIS для более точного учета реальных условий.

2. Примеры успешного применения:

- Экономия топлива: Многочисленные исследования показывают, что учет течений может привести к экономии топлива от 5% до 20% в зависимости от маршрута, типа судна и силы течений. Например, судоходные компании, использующие АРМ, сообщают о существенном снижении расхода топлива после внедрения этих систем.

- Сокращение времени в пути: Оптимизация маршрутов с учетом течения может привести к сокращению времени в пути, особенно на длинных маршрутах. Это снижает эксплуатационные расходы и повышает эффективность использования судов.

- Повышение безопасности: Учет течений позволяет избегать опасных зон и выбирать более безопасные маршруты, снижая риск аварий.

- Снижение выбросов: Экономия топлива напрямую приводит к снижению выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ в атмосферу, способствуя более экологичному судоходству.

3. Технологии, облегчающие учет течений:

- Океанографические модели (OGCMs): Гидродинамические модели, такие как NUCOM, NEMO, ROMS, предоставляют данные о течениях с высоким пространственным и временным разрешением. Эти данные являются основой для многих систем автоматического планирования маршрутов.

- Спутниковые данные: Спутники, оснащенные альтиметрами, измеряют высоту поверхности океана, что позволяет вычислять геострофические течения. Спутниковые данные обеспечивают широкий пространственный охват, но имеют ограниченное вертикальное разрешение.

- Данные AIS (Automatic Identification System): Система AIS предоставляет данные о местоположении и скорости судов в реальном времени. Эти данные могут быть использованы для уточнения моделей течений и калибровки АРМ.

- Программное обеспечение для планирования маршрутов: Существует множество программных продуктов, которые позволяют планировать маршруты с учетом течений и других факторов. Эти программы используют различные алгоритмы оптимизации и данные из различных источников.

- Электронные морские карты (ENC): Современные ENC содержат информацию о течениях, которая может быть использована для планирования маршрутов. [3]

Влияние морских течений на энергоэффективность судов является значительным фактором, который нельзя игнорировать в современном судоходстве. Оптимизация маршрутов с учетом прогнозов и моделей течений позволяет существенно снизить расход топлива, уменьшить выбросы вредных веществ и повысить экономическую эффективность перевозок. Дальнейшее развитие технологий, таких как высокоточные

океанографические модели и системы автоматического планирования маршрутов, будет играть ключевую роль в создании более экологичного и экономически выгодного морского транспорта. Учет течений – это не просто оптимизация, а необходимый шаг к устойчивому развитию судоходства.

Список литературы:

1. Дерябин Н.М. Оптимизация энергоэффективности судов [Электронный ресурс] / Дерябин Н.М. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-energoeffektivnosti-sudov>
2. Васильева О.Ю. Обоснование характеристик судов на основе критерия энергоэффективности [электронный ресурс] / Васильева О.Ю. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/obosnovanie-ekspluatatsionno-tekhnicheskikh-kharakteristik-gruzovykh-sudov-vnutrennego-plava>
3. Живлюк Г.Е., Петров А.П. энергоэффективность судов современного коммерческого флота [электронный ресурс] / Живлюк Г.Е., Петров А.П. – Режим доступа: <https://journal.gumrf.ru/jour/article/view/448>

УДК 629.5.011; 629.5.016; 629.5.018; 629.123

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМАНДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МОРСКИХ СУДОВ

Иванченко Александр Андреевич¹, профессор, д.т.н.

e-mail: ivanchenkoaa@gumrf.ru

Билоус Владислав Игоревич¹, аспирант

e-mail: strong.bilous@gmail.com

¹ Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

Аннотация: В докладе рассматриваются существующие методы получения и обработки информации о надежности и энергоэффективности судовых дизельных установок (СДУ). Обосновывает актуальность проблемы надежности и энергоэффективности (ЭЭ). Рассматривается нормативно-правовая база для их регулирования. Проводит анализ возможностей повышения энергоэффективности на этапе проектирования судна и на стадии его эксплуатации. Рассматриваются возможные решения проблем.

Ключевые слова: судовые энергетические установки, пропульсивный комплекс (ПК), энергоэффективность, надежность, система командной информации (СКИ), прогнозирование, суда класса газовоз-этановоз.

DEVELOPMENT OF A COMMAND INFORMATION SYSTEM TO INCREASE THE SAFETY AND ENERGY EFFICIENCY OF MARINE VESSELS

Ivanchenko Alexander Andreevich¹, professor, doctor of technical sciences

e-mail: ivanchenkoaa@gumrf.ru

Bilous Vladislav Igorevich¹, graduate student

e-mail: strong.bilous@gmail.com

¹ State University of Maritime and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov

Abstract: The report examines existing methods for obtaining and processing information on the reliability and energy efficiency of marine diesel units (SDS). Justifies the relevance of the problem of reliability and energy efficiency. The legal framework for their regulation is considered. Conducts an analysis of opportunities to improve energy efficiency at the design stage of the vessel and at the stage of its operation. Possible solutions to problems are considered.

Key words: ship power plants, propulsion complex, energy efficiency, reliability, command information system, forecasting, gas-ethane carrier class vessels.

Актуальность. Современные вызовы в области изменения климата и загрязнения окружающей среды требуют активных усилий в снижении выбросов вредных веществ с ОГ СДУ [10-13]. Морской транспорт, являющийся крупным потребителем топлив, в рассматриваемом аспекте оказывает существенное воздействие на окружающую среду и находится под контролем Международная морская организация (ИМО) Учитывая это обстоятельство, ИМО прилагает постоянные усилия для решения проблемы безопасности СДУ. Так, в 2013 г. был введен индекс энергоэффективности [5] для оценки и сдерживания

выбросов CO₂, а в апреле 2018 г. ИМО приняла новую стратегию сокращения выбросов парниковых газов для судоходства (далее - стратегия ИМО), которой предполагается поэтапное снижение средней интенсивности выбросов CO₂ на тонно-милю на 40 % к 2030 г. и на 70 % к 2050 г. [5,10].

Изменения к Международной конвенции по предотвращению загрязнения судов (MARPOL) Annex VI вступившие в силу 1 ноября 2022 года требуют от судовладельцев улучшить энергоэффективность судов в краткосрочной перспективе и, тем самым, снизить выбросы парниковых газов. С 1 января 2023 года подлежит контролю Индекс энергоэффективности и для судов, находящихся в эксплуатации (ЕЕХI), что требует постоянного измерения их энергоэффективности и сбора данных для отчетности по их ежегодному показателю индикатора углеродной интенсивности (СИ) и рейтинга (СИ).

Стремительное развитие морской техники и технологий в 20-м веке превратило морское судно в сложное инженерное сооружение, способное в условиях длительного автономного плавания преодолевать экстремальные нагрузки, порождаемые неконтролируемой водной стихией. При этом число параметров, подлежащих контролю оператором в условиях судна увеличилось настолько, что его психика не всегда способна оценить их и принять правильное решение. В этой связи технически правильное использование СДУ поставлено в зависимость от человеческого факта и является залогом не только выполнения экологических требований ИМО, но и безопасного мореплавания и основным фактором, обеспечивающим рентабельность судов [3]. Повышение ЭЭ СДУ в описанных условиях через совершенствование СКИ представляется весомым резервом снижения рассматриваемого негативного воздействия судов и приведения их в соответствие международным требованиям ИМО.

Целью работы является создание СКИ СЭУ, ключевой особенностью которой является наблюдение за безопасностью и ЭЭ СЭУ в процессе эксплуатации на различных режимах. Для достижения планируется решение задач:

- выбрать базовое судно для модернизации его системы командной информации;
- изучить судовую проектную документацию для определения текущего уровня автоматизации судна;
- на основании выполненного анализа определить перечень требуемого к установке оборудования, алгоритмы расчета и конфигурацию программного обеспечения;
- выбрать оптимальные точки подключения к судовому оборудованию для сбора необходимой информации для последующей ее обработки и анализа;
- разработать и согласовать с судовладельцем и техническим оператором судна схемы подключения оборудования, получив соответствующее разрешение;
- определить ключевые данные для более точного контроля и прогнозирования энергоэффективности СЭУ во время эксплуатации;
- разработать алгоритмы и внедрить улучшения для более точного расчета и прогнозирования ЭЭ;
- определить каналы передачи собранной информации на берег [3].

В качестве объекта исследований принято современное судно проекта 1195 типа газоз-этиленовоз, построенное в Италии в 2007 г. и оборудованное системами контроля и слежения за параметрами судового оборудования. В качестве главной энергетической установки на судне установлен четырехтактный дизель MAK 9M32C (MSR 4500 кВт/600 об.мин). В качестве вспомогательных двигателей установлены 3 х Caterpillar 3508B DITA (968 кВт/1800об.мин).

В рамках исследования СКИ проведено несколько месяцев на борту судна в период 2022-2023 г. для изучения технической документации, сбора данных с бортового

компьютера при различных условиях и режимах эксплуатации для расчета энергоэффективности. Соответственно были выполнены следующие работы:

- сбор информации о величинах измеряемых параметров и формирование базы данных допустимых отклонений;
- анализ отклонений рассматриваемого объекта и сравнение с допустимыми техническими параметрами, предусмотренными изготовителем;
- в случае превышения допустимых значений оповещение оператора;
- формирование прогноза изменения технического состояния судовых механизмов на основе полученных данных.

В качестве основных источников сбора данных для функционирования системы выбраны следующие существующие судовые системы:

- Mega-Guard Automation Systems с установленным ПО PRAXIS Automation.
- Ограничитель мощности на валу, интегрированный в основную систему Mega-Guard Automation System.
- Electro-Pneumatic Control for Ship Propulsion – система управления и контроля параметров ГД МАК. Является частью Mega-Guard Automation System.
- Навигационная система на ходовом мостике (VDR, AIS, ECDIS, GPS).

Научная новизна исследований: Планируемое исследование направлено на реализацию интегрированного подхода к повышению надежности и ЭЭ, включающего в себя не только анализ технических параметры СДУ, но и параметров всего ПК, его корпуса, передачи, винта, главных и вспомогательных двигателей путем совершенствование управления СЭУ и всех ее элементов на всех режимах работы судна посредством программно-аппаратного комплекса - СКИ. Такой комплексный подход имеет научную новизну, поскольку существующие исследования фокусируются либо на технических, либо на программных аспектах выбора скорости движения судна, оставляя пространство для интегрированных решений. В результате комплексных исследований ожидается вскрытие новых резервов повышения ЭЭ, а также разработка практических рекомендации для внедрения эффективных систем управления ЭУ на морских судах.

Степень изученности: Вопросы обеспечения требований к энергетическим установкам (ЭУ) судов получили достаточное внимание в литературе, однако тема их энергоэффективности применительно к судам, находящимся в эксплуатации, остается не изученной. Имеющиеся многочисленные исследования касаются технических аспектов совершенствования оборудования и комплектации ЭУ судов, вопросы рационального использования имеющегося на судне оборудования в публикациях не рассматриваются [1-5]. Процесс же использования СЭУ принципиально отличен от использования оборудования, входящего в её состав, и сводится к пониманию системных связей между элементами судового ПК: корпус-двигатель-передача-главный двигатель на ходовых и маневренных режимах. Более того, внешние эксплуатационные факторы не только изменяют собственные характеристики каждого элемента комплекса, но и характеристики взаимодействия этих элементов и общие характеристики комплекса. Негативное влияние состояния корпуса, винта на сопротивление движению судна перегружает главный двигатель. Перегрузка проявляется по-разному для каждого конкретного типа главного двигателя, но в случае дизеля она приводит к повышенному износу и отказам деталей цилиндрико-поршневой группы (ЦПГ) из-за превышения ограничительных характеристик по механической и тепловой напряжённости. Не достаточно рассматривается и, как следствие, носит затратный характер и эксплуатационная компонента жизненного цикла судовой энергетической установки. Стремление компенсировать усложнение установки с сокращением численности экипажа усилением автоматизации управления СЭУ и централизации контроля работы СЭУ ведут к сокращению экипажа судна и утрате

органолептической составляющей определения технического состояния оборудования СЭУ в реальном масштабе времени. Другой аспект эксплуатации СЭУ связан с проблемой экологии, т.е. выбросами с судов экологически опасных веществ. Анализ аварий и эффективности СЭУ у нас и за рубежом эксперты констатируют, что основной причиной не рационального использования СЭУ являются ошибки оператора при принятии решений в аномальных ситуациях, или, как говорят и пишут «всею виной человеческий фактор».

С учетом изложенного правильная и рентабельная эксплуатация судов может быть обеспечена только при условии совершенствования информационной составляющей процесса использования СЭУ. В этой связи объективно возникает проблема совершенствования автоматизации и инструментализации задач ЭЭ СЭУ и эффективности её составных элементов. Решение ее может быть реализовано в рамках развития концепции обеспечения надежности СЭУ, позволяющей решить алгоритмическую и программную части информационного обеспечения сложной энергомеханической системы [3]. В рассматриваемом случае слабое звено системы – оператор (рис. 1), последовательно включён в автоматизированную цепочку контроля: пульт, оператор, система командной информации – система дистанционного управления – исполнительный механизм – объект диагностики (СЭУ).

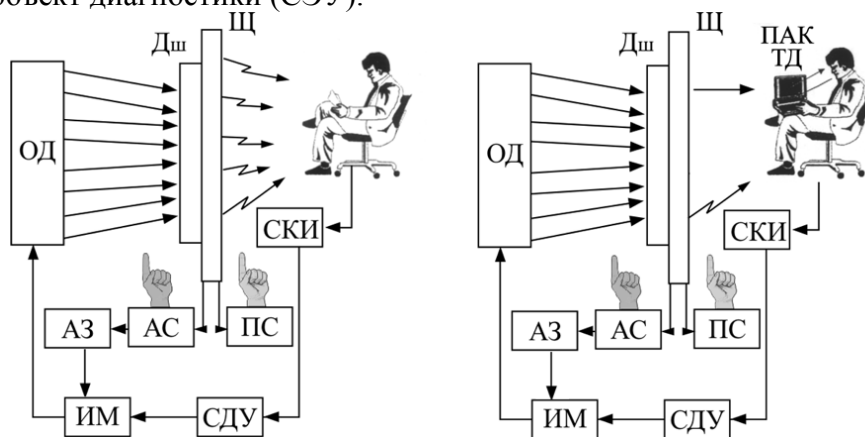


Рисунок 1 – Принципы развития системы централизованного контроля ГЭУ

ОД – объект диагностирования; Дш – дешифратор; Щ – щит управления; СКИ – система командной информации; СДУ – система дистанционного управления; ИМ – исполнительный механизм; ПС – предупредительная сигнализация; АС – аварийная сигнализация; АЗ – аварийная защита; ПАК ТД – программно-аппаратный комплекс технического диагностирования

Для решения задач ЭЭ и безопасности указанный принцип функционирования СКИ предлагается положить в основу функционирования создаваемой системы. Дополнительно для ее функционирования предлагается ее дополнить соответствующими алгоритмами, позволяющими использовать информацию о корпусе судна, его дедейте, осадке, шаге винта и характеристик режима работы СЭУ и ее элементов.

Такой подход позволяют реализовать функциональные системы судна проекта 1195 типа газозов - этиленовоз положенные в основу создаваемой системы командной информации.

Заключение. Внедрение информационных технологий, базирующихся на понимании системных связей между элементами ПК судна позволяет выявлять дополнительные резервы повышения эффективности и надежности СЭУ и представляет собой одно из перспективных направлений совершенствования системы технической эксплуатации флота. Реализация этой концепции создает предпосылки для дальнейшего

совершенствования систем централизованного управления и контроля СЭУ на базе внедрения прогностических алгоритмов и программ, позволяющих оптимизировать использование, техническое обслуживание и ремонт СЭУ.

Список литературы:

1. Иванченко А. А. Подходы к совершенствованию судовых энергетических установок / А. А. Иванченко, Г. А. Конев, Г. Л. Ларионов // Эксплуатация морского транспорта. – 2023. – № 3(108). – С. 121 – 138.
2. Иванченко А. А. Проблемы прогнозирования эксплуатационных показателей энергетических установок судов класса: «Афрамакс» на этапах их проектирования / А. А. Иванченко, Г. А. Конев // Актуальные проблемы морской энергетики: Материалы одиннадцатой международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 17–18 февраля 2022 года. – Санкт-Петербург: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», 2022. – С. 211 – 217.
3. Мясников Ю.Н., Иванченко А. А., Никитин А.М. Информационные технологии в пропульсивном комплексе морского судна: монография. - ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2013. – 314с.
4. Иванченко А. А., Петров А.П. Живлюк Г.Е. Энергетическая эффективность судов и регламентация выбросов парниковых газов. Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макаров. Вып. 2, 2015г., с. 103-112
6. Иванченко А. А. Аппаратное и методическое обеспечение мониторинга и диагностирования технического состояния дизельных установок судов в рамках планово – предупредительной системы обслуживания с контролем состояния / А. А. Иванченко, П. А. Васин, Д. Е. Бурков // Труды 11-го Международного научно-технического семинара «Исследование, проектирование и эксплуатация судовых ДВС». – СПб.: СПбГУВК, 2008. – С. 130-135.
7. Логунов А. В. Применение нейросетевого подхода для диагностики двигателя внутреннего сгорания транспортных средств / А. В. Логунов, А. Л. Береснев // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2022. – № 1(225). – С.162-172. DOI: 10.18522/2311-3103-2022-1-162-172.
8. Кочергин В. И. Контроль расхода топлива энергетических установок на основе регистрации текущих значений мощности / В. И. Кочергин, Е. С. Зинченко // Научные проблемы водного транспорта. – 2022. – № 72. – С. 78-79. DOI: 10.37890/jwt.vi72.282.
9. Приложение 6 Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973г. измененная Протоколом 1978г.к ней (Марпол 73/78) / ИМО, актуальная версия.
10. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата 1992г.
11. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата от 11 декабря 1997г.
12. Парижское соглашение согласно Рамочная конвенция об изменении климата.
13. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2019г. «О принятии Парижского соглашения».

УДК 656.6

ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕК МИКРОПЛАСТИКОМ, ПОСЛЕДСТВИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СУДОСТРОЕНИИ

Каюмова Гузель Газинуровна¹, к.б.н., доцент кафедры судовождения и судостроения
e-mail: guzelka1003@yandex.ru

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ», Казань, Россия

Аннотация. Данная статья посвящена проблеме загрязнения природных вод микропластиком. Это является серьезной проблемой, требующей немедленного решения. В данной статье говорится о состоянии загрязнения рек, приведены результаты исследований, в каких количествах используются полимеры в судостроении. Показана необходимость применения комплексного подхода, включающий контроль источников загрязнения, разработку экологически безопасных технологий утилизации пластика.

Ключевые слова: микропластик, комплексный подход, «оппортунистические» бактерии, утилизация, альтернативные материалы, промышленность, антибиотикорезистентность, судостроение, полимерные материалы.

POLLUTION OF RIVERS BY MICROPLASTICS, A CONSEQUENCE OF THE USE OF POLYMER MATERIALS IN SHIPBUILDING

Kayumova Guzel Gazinurovna¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Navigation and Shipbuilding
e-mail: guzelka1003@yandex.ru

¹ M.P. Devyataev Institute of Marine and River Fleet named after Hero of the Soviet Union – Kazan branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “VGUVT”, Kazan, Russia

Abstract. This article is devoted to the problem of pollution of natural waters by microplastics. This is a serious problem that requires an immediate solution. This article discusses the state of river pollution, and provides research results on the quantities of polymers used in shipbuilding. The necessity of applying an integrated approach, including the control of pollution sources, the development of environmentally friendly plastic recycling technologies, is shown.

Keywords: microplastics, integrated approach, "opportunistic" bacteria, recycling, alternative materials, industry, antibiotic resistance, shipbuilding, polymer materials.

Загрязнение рек микропластиком является одной из серьезных экологических проблем, с которой сталкиваются современное общество и экологи. Микропластик - это мельчайшие пластиковые частицы полимерных материалов, размером менее 5 мм, которые могут попасть в водные объекты через сточные воды, атмосферный дождь, таяние снега и льда, а также через почву. Эти частицы могут быть потребляемы планктонами и животными, что приводит к их накоплению в пищевой цепочке и, в конечном итоге, в нас, людях. Микропластик может нанести вред экосистеме и здоровью, так как некоторые из этих частиц могут быть токсичными.

К сожалению, наличие микропластика в организме любого живого существа недооценивается. Если обратиться к истории, пластик всё ещё новый материал, которым пользуется человек, но уже его воздействие дает о себе знать. Это не только токсины, вызывающие различные заболевания в организме человека, даже такие как недоброкачественные опухоли.

На сегодняшний день выявлена ещё одно воздействие на организм человека и животных – это антибиотикорезистентность.

В прошлом столетии люди вышли на новый уровень благодаря работам британского бактериолога Флеминга, Чейна и Флори, которые спасли миллионы жизней. И сложно осознавать, что люди своими же руками уничтожают себя. Причина в том, что пластик, попавший в воду, заражается бактериями буквально за пару минут, на пластике их скапливается в огромных количествах. И самое печальное, что на них обнаруживается все больше и больше количество «оппортунистических» бактерий, тех самых которые вызывают антибиотикорезистентность, т.е. способность у бактерий, вызывающих различные заболевания, в том числе и инфекционных, противостоять воздействию антибиотиков.

В современном мире на 2019 год данные бактерии были причиной около 3 миллионов человек, к 2050 году ожидается, что данная цифра вырастит до 10 миллионов в год. С пресных вод вода попадает в моря и океаны, так выброс микропластика в воду является своеобразным транспортёром данных бактерий. К тому же они мутируют, и распространяются все больше.

Среднее содержание микропластика во всем верхнем течении Волги составляет около 1 частицы или 0,3 мг на кубометр воды. А его вынос с территории Тверской области при пересчете на среднегодовой расход реки и при условии равномерного распределения частиц составляет 3 кг в сутки или 1,1 т в год. Пик загрязнения микропластиком — у выпуска очистных сооружений Твери — до 4 частиц или 1 мг на кубометр воды. С потенциалом выноса между Бортниковским ручьем и пристанью для сыпучих грузов больше 6 т в год. А на отрезке от садоводческого товарищества ниже Твери до села Городня — свыше 4 т.[

Судоремонтным заводам всего мира хорошо известны полимерные материалы, различные эпоксидные компаунды, металлополимеры, применяемые при строительстве и ремонте кораблей, яхт и катеров. Ремонтная система, как правило, включает полный набор материалов, которые могут потребоваться:

- для восстановления поверхности металлических и пластиковых корпусов;
- для разнообразного судового оборудования, детали которого подвергаются износу в процессе эксплуатации.

В состав этих материалов входят эпоксидные смолы, обладающие высокими механическими свойствами, и некоторые виды наполнителей, различные виды герметиков, синтетических клеев, что позволяет эффективно восстанавливать работоспособность изношенных элементов, а также защищать их при дальнейшей эксплуатации.

В последние годы несколько изменилась функция полимерных материалов в любой отрасли. Из полимеров стали изготавливать все больше относительно мелких, но конструктивно сложных и ответственных деталей машин и механизмов, и в то же время все чаще полимеры стали применяться в изготовлении крупногабаритных корпусных деталей машин и механизмов, несущих значительные нагрузки.

Первое научное исследование Волги на предмет содержания микропластика в воде началось летом 2020 года, сообщили «Известиям» в Росводресурсах со ссылкой на

некоммерческий фонд «Без рек как без рук», который запустил эти исследования. В прошлом году аналогичную работу фонд проводил на реке Дон. [2]

Для борьбы с загрязнением природных рек микропластиком и его утилизации можно применить следующие методы:

1. Запрет производства и использования одноразовой пластиковой упаковки и товаров, которые быстро выпадают из употребления и могут стать источником микропластика в воде. Запреты могут повлиять на уменьшение количества пластиковых отходов, снижению объема пластиковых отходов, которые попадают в водоемы, Сокращение экологического давления, улучшение качества воды, понижение риска загрязнения, содействие устойчивому развитию, поддержку экологических инициатив. Запрет одноразовой пластиковой упаковки может привести к расширению экологических инициатив и дальнейшим ограничениям на использование пластика в других сферах. Это может дополнительно повысить качество воды в реке Волга.

Однако стоит учесть, что запрет одноразовой пластиковой упаковки не является единственным решением для решения проблемы загрязнения водных ресурсов. Для повышения эффективности необходимо также учитывать другие аспекты, такие как улучшение систематики утилизации и переработки отходов, повышение осведомленности населения и промышленности об экологических последствиях и необходимости придерживаться устойчивых практик.

2. Установление строгих стандартов и нормативов для производителей пластиковых товаров, чтобы уменьшить количество пластика в производстве и увеличить его переработку. Установление строгого стандарта и нормативов для производителей пластиковых товаров может повлиять на уменьшение выбросов пластика, улучшение качества воды, сокращение экологического следа и поддержку экологически чистых технологий.

3. Разработка и внедрение технологий, которые позволяют извлекать микропластик из водных объектов и обезвреживать его.

4. Проведение обширных кампаний по просвещению населения в области экологического сознания и ответственности за свое поведение при использовании пластиковых товаров.

5. Создание и поддержание системы сбора и переработки отходов, включая пластиковые отходы, это может повлиять на улучшение качества воды, снижение экологического воздействия, уменьшение риска загрязнения водных ресурсов, повышение экономической ценности.

6. Сотрудничество с международными организациями и странами, чтобы разработать и применить глобальную стратегию по борьбе с загрязнением природных вод микропластиком.

Контроль и устранение загрязнения природных вод Волги микропластиком требует совместных усилий со стороны государства, общества и предприятий. Если мы не принимаем меры сегодня, то в будущем мы можем столкнуться с экологическим и здоровым кризисом из-за загрязнения микропластиком нашей среды обитания.

С созданием и поддержанием системы сбора и переработки отходов, экологический воздействия на окружающую среду можно значительно снизить.

С помощью эффективной системы сбора отходов, в том числе пластиковых отходов, можно снизить загрязнение реки. Это может привести к улучшению качества воды, что в свою очередь повысит безопасность питьевой воды для местного населения и улучшит условия для растительности и животного мира. В целом, создание и поддержание системы сбора и переработки отходов на реке Волге могут привести к улучшению экологической ситуации и улучшению качества воды, но это зависит от эффективности системы.

Однако, если система сбора и переработки отходов не должна и не сможет эффективно работать, это может привести к негативным последствиям:

1. Ухудшение качества воды: если система не эффективна, загрязнение реки может продолжиться, что в конечном итоге может привести к ухудшению качества воды. Это может привести к здоровым проблемам для местного населения и ущербу экосистеме реки.

2. Экологический давление: неэффективная система сбора и переработки отходов может привести к увеличению экологических проблем, таких как загрязнение и опустошение природных ресурсов. Это, в свою очередь, может привести к дальнейшему снижению качества воды и угрозам для экосистемы реки Волги.

Загрязнение природных вод микропластиком является серьезной проблемой, требующей немедленного решения. Для ее преодоления необходимо применить комплексный подход, включающий контроль источников загрязнения, разработку экологически безопасных технологий утилизации и переработки пластика, просветительскую работу и исследования в области альтернативных материалов. Тем не менее, это требует согласованных усилий со стороны государства, промышленности и общественности для достижения. Данный вопрос является проблемой мирового масштаба, может иметь косвенные, но крайне негативные последствия для здоровья человечества.

Список литературы:

1. Бродский, А.К., Кудрявцева М.В. Исследование влияния Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений на биоту эстуария реки Невы / А.К. Бродский, М.В. Кудрявцева. – СПб.: 2009. – http://ecosafe.spbu.ru/Nature/KZS/kzs_cp.htm (дата обращения: 24.04.2022).

2. Верес Ю.К. Руководство по общественному мониторингу микропластика в водных объектах. / Верес Ю.К. – Plastic Free Baltic. – 2018.

3. Гугл карты. – : электронный // : [сайт]. – URL: <https://www.google.com/maps/@60.0482167,29.6982454,9.5z?hl=ru>. (дата обращения: 13.11.2024).

4. Зобков М. Б., Есюкова Е. Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов. // Зобков М. Б., Есюкова Е. Е. – М.: Океанология. – 2018. – т. 58, № 1. – С. 149–157.

5. Козловский, Н. В. МИКРОПЛАСТИК — МАКРОПРОБЛЕМА МИРОВОГО ОКЕАНА / Н. В. Козловский, Я. Ю. Блиновская. — Текст: непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2015. — № 10. — С. 159–162.

6. Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов (ППЗС). Российское Классификационное Общество, Москва. – 2019 г.

7. Пластиковый мусор и микропластик в Мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. ЮНЕП, 2016, Найроби / UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics — Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi.

8. Регистровая книга Российского Классификационного Общества. Режим доступа: <https://rfclass.ru/activities/class/regbook/>

9. Россия на треть увеличила ввоз пластикового мусора из-за границы. — Текст: электронный // РБК: [сайт]. — URL:

<https://www.rbc.ru/economics/30/08/2019/5d67e17f9a7947d966d7fd3d> (дата обращения: 08.11.2024).

10. «Судостроение и судоремонт» <http://shipbuilding.ucoz.ru> (дата обращения: 05.11.2024).

11. Храмова, А. В. Причины и последствия загрязнения мирового океана микропластиком / А. В. Храмова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 33 (323). — С. 55-57. — URL: <https://moluch.ru/archive/323/73128/> (дата обращения: 24.11.2024).

12. Khatmullina L. Experimenting on settling velocities of negatively buoyant microplastics / L. Khatmullina, I. Isachenko, I. Chubarenko, E. Esiukova // Conference Full-size Proceedings. EMECS'11 – Sea Coasts XXVI Joint Conference, 22–27 August 2016 Saint-Petersburg, Russia. – 2016 – P. 532–541.

13. Chubarenko I. Behavior of Microplastics in Coastal Zones / I. Chubarenko, E. Esiukova E., A. Bagaev, I. Isachenko, N. Demchenko, M. Zobkov, I. Efimova, M. Bagaeva, L. Khatmullina // Eddy Y. Zeng (ed.). Microplastic Contamination in Aquatic Environments. – Elsevier, 2018 – P. 175–223.

13. Atlantic / I. Zhdanov, S. 14. Zhdanov I. Polymer Type Identification of Marine Plastic Litter in Arctic seas Using a Miniature Near-Infrared Spectrometer (MicroNIR) / Zhdanov I., Pakhomova S., Bert van B. // Arctic Science Summit Week. – 2021. – P. 681.

УДК 629.5.064.5

ЭТАПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ МОРСКИХ АВТОНОМНЫХ СУДОВ

Лебедев Анатолий Иванович¹, к.т.н., доцент

e-mail: lebedevai@gumrf.ru

Авраменко Алёна Игоревна¹, старший преподаватель

e-mail: igorevna_1795@mail.ru

Черноокий Дмитрий Александрович¹, курсант

¹ Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация: в статье рассмотрены новые технологии для обеспечения снижения эксплуатационных расходов и повышения безопасности мореплавания за счет удаленного управления судном и его энергетическими комплексами. Отмечаются возможные компоненты и программно-аппаратные комплексы для морских автономных надводных судов, их уникальность и преимущества в работе. Представлены референсы проведения опытной эксплуатации системы на судах. Рассмотрена и сформирована функциональная схема «Этапы модернизации электроэнергетической установки для морских автономных судов».

Ключевые слова: автоматизация, автономность, дистанционное управление, надежность, цифровые технологии, быстродействие, диагностирование, электроэнергетическая установка.

STAGES OF MODERNIZATION OF ELECTRIC POWER PLANT FOR MARINE AUTONOMOUS VESSELS

Lebedev Anatoly Ivanovich¹, PhD, Associate Professor

e-mail: lebedevai@gumrf.ru

Avramenko Alena Igorevna¹, Senior Lecturer

e-mail: igorevna_1795@mail.ru

Chernooky Dmitry Alexandrovich¹, cadet

¹ State University of Maritime and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov

Abstract: the article considers new technologies for reducing operating costs and increasing navigation safety through remote control of a vessel and its power systems. Possible components and software and hardware systems for autonomous marine surface vessels, their uniqueness and advantages in operation are noted. References for conducting trial operation of the system on vessels are presented. A functional diagram of "Stages of modernization of an electric power plant for autonomous marine vessels" is considered and formed.

Key words: automation, autonomy, remote control, reliability, digital technologies, speed, diagnostics, electric power plant.

В России опыт внедрения автономного судовождения активно развивается на протяжении 5 лет. Преимущества автономного судоходства заключаются в повышении безопасности мореплавания, снижение риска ошибок, повышение эффективности и экономию топлива. Однако этот процесс также включает в себя ряд вызовов, таких как

разработка соответствующих стандартов и регламентирующих правил для обеспечения надежности и безопасности автоматизированных систем, а также необходимость обучения и квалификации морских поставщиков для работы с новыми технологиями.

В целом, модернизация морских судов для автономного судоходства представляет собой решающий шаг в развитии морской отрасли, который может изменить будущее мореплавания и повысить его эффективность и безопасность.

С развитием технологий управления судном дистанционно, появились новые классы судов с различными уровнями автономности, которые в будущем могут значительно повысить эффективность морских операций и возможность управления судном в открытом море и при движении в стесненных условиях, узкостях, местах швартовки и портах в автономном режиме [1].

Одно из самых перспективных направлений – это автономные (безэкипажное) суда. В первую очередь необходимо уточнить, что автономное судно (автономно управляемое судно) – это судно, удовлетворяющее всем применимым требованиям правил РРС (Racing Rules Of Sailing), международным документам (конвенция СОЛАС, кодекс МППСС, конвенция МАРПОЛ, киотский протокол, международный кодекс по безопасному управлению (ISM), которое управляется без участия человека, следуя рейсовому заданию. А-Навигация — новый этап развития судоходства и технологий навигации, открывающий эру безэкипажного судовождения [2 - 4]. Суда, участвующие в опытной эксплуатации оснащены автономным навигационным комплексом, в состав которого входит:

- система машинного зрения;
- автономная навигационная система (АНС);
- система мониторинга и управления техническими средствами;
- система управления движением.

Такой тип судна может осуществлять движение в полуавтоматическом или автоматическом режиме, с частичным использованием экипажа или полностью без него. Появление безэкипажных судов позволит сократить эксплуатационные затраты, увеличить вместимость судов, снизить влияние человеческого фактора на безопасность мореплавания. Главными преимуществами морских автономных навигационных судов являются:

- цифровизация морской отрасли
- безопасность жизнедеятельности судна
- повышение контроля эксплуатации судна со стороны судовладельца
- снижение нагрузки на экипаж и сокращение его численности
- снижение операционных расходов за счет сокращения содержания экипажа и оптимизации движения судна.

Современные системы на судах уже сегодня отрабатывают некоторое количество каботажных автономных морских и речных судов, которые исправно выполняют свои задачи по переходу судна из одной точки в другую, референсы которых приведены в таблице № 1:

Таблица №1

Референсы судов

Морские суда Опыт:	Речные суда Опыт:
Сухогруз «Пола Анфиса» (RDS59)	Буксир «Прокопий Драчев»
Танкер «Михаил Ульянов»	Пассажирский электрический катамаран «Эковольт»

Железнодорожный паром «Маршал Рокосовский»	Пассажирское электрическое судно «Экобас»
Железнодорожный паром «Генерал Черняховский» (CNF-19)	Автоматизированные паромные переправы
Самоходная шаланда «Рабочая	

Всего в цифрах под управлением автономной навигационной системой суда прошли 3 900 часов, 36 400 миль. В режиме Advisor (режим советника) 6 200 часов, 59 000 миль. По собранной статистике 90% маневров расхождения были выполнены в соответствии с МПСС-72.

Несмотря на огромное количество преимуществ, в настоящий момент система позволяет решить задачи автономного и дистанционного управления судном, однако на рынке нет систем, позволяющих значительно уменьшить или полностью исключить специалистов по эксплуатации технического оборудования судна.

Применительно к судовым механизмам автономность подразумевает под собой автоматизацию работ всех механизмов, возможность отслеживания технического состояния и управления судовым оборудованием. Для поддержания необходимого уровня качества работы механизмов, система должна собирать и обрабатывать информацию о параметрах и режимах работы. В дальнейшем, при накопленной базе она сможет прогнозировать и формировать аналитику по работе судового оборудования. При получении неудовлетворительных параметров работы агрегатов система должна сообщить о неисправности и предоставить сравнительный анализ работы механизма.

Одним из наиболее важных и отслеживаемых комплексов является судовая энергетическая установка (СЭУ), которая обеспечивает работоспособность всего судна. Она включает в себя управление главными энергетическими установками (ГЭУ) и вспомогательным электрооборудованием [4 – 6]. Осуществление управления такими системами возможно при автоматизации большей части их устройств, например, автоматизации контроля расходования топлива, автоматизации и регулирования работы дизель-генераторов, отслеживание и передача информации о техническом состоянии механизмов для своевременного реагирования.

Для удовлетворения требований надежной работы автономной системы и обеспечения повышения безопасности мореплавания необходимо реализовать следующие технические задачи и этапы модернизации электроэнергетической установки (далее - ЭЭУ) представленные на рисунке 1:

Первым и одним из критически важных этапов является этап анализа текущей электроэнергетической установки. Целью данного этапа является полное представление о техническом состоянии, возможностях, достоинствах и недостатках системы. Данный этап так же включает в себя расчет целесообразности модернизации основываясь на экономических затратах и рисках. Основными шагами данного этапа являются:

- изучение чертежей, схем электрических соединений и проектной документации;
- проверка возможности подключения к системам автоматического управления, а также совместимость ЭЭУ с системами управления движением, автопилотом и системами судового мониторинга;
- проверка и диагностика генераторов, двигателей, трансформаторов, коммутационного оборудования и других ключевых компонентов ЭЭУ;
- оценка срока службы ключевых компонентов, а также прогнозирование возможных поломок и неисправностей, основанное на анализе отчетов о поломках, авариях и ремонтах.

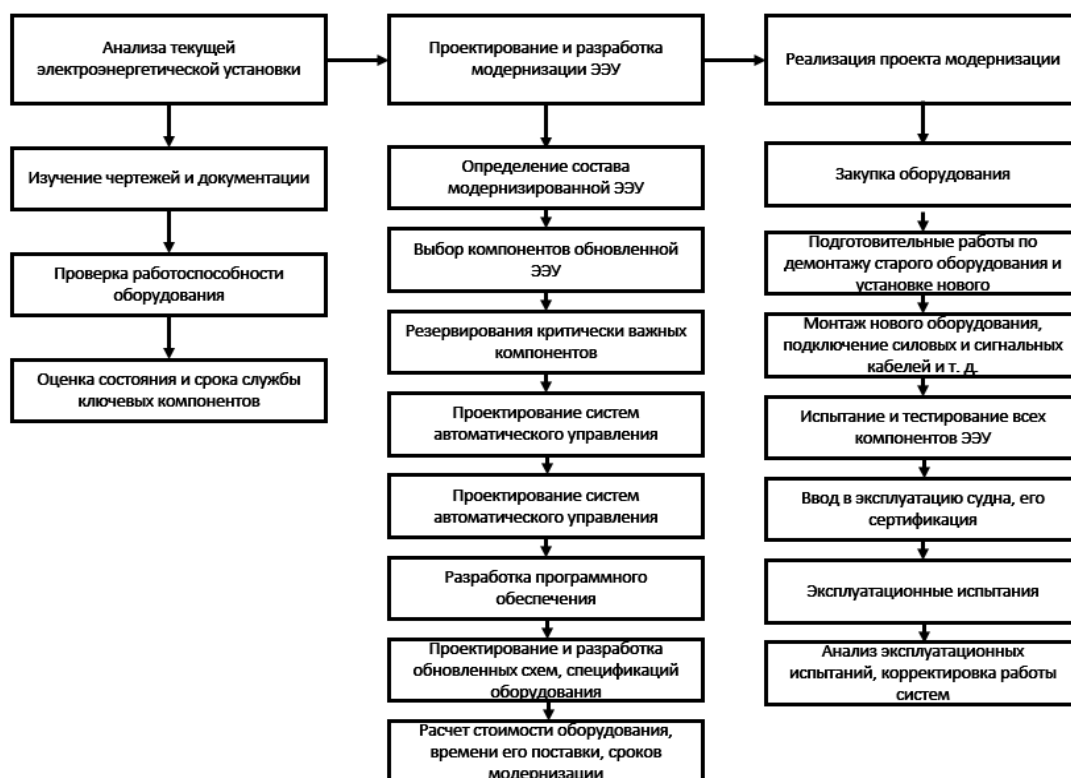


Рисунок 1 – Функциональная схема «Этапы модернизации электроэнергетической установки для морских автономных судов»

Второй этап представляет собой непосредственное проектирование и разработку модернизации ЭЭУ с учетом результатов анализа и требованиями конвенций к морским автономным судам. Основной целью данного этапа является разработка технического проекта и выбор оборудования, повышающего критерии надежности, эффективности и автономности ЭЭУ. Этот этап обеспечивает переход от анализа текущего состояния системы к конкретным шагам по ее обновлению, создавая основу для успешной реализации проекта. Данный этап включает в себя:

- определение состава модернизированной электроэнергетической системы, основываясь на анализе текущего состава системы и проекта модернизации;
- выбор компонентов модернизированной ЭЭУ, с возможностью интеграции с системами автоматического управления;
- обеспечение резервирования критически важных компонентов для повышения надежности системы;
- проектирование систем автоматического управления, включающие в себя разработку интерфейсов для связи с автопилотом, системами навигации и мониторинга;
- разработка программного обеспечения для возможности удаленной связи, управления и мониторинга с берега или с головного судна (при объединении в караваны) через защищенные каналы связи;
- проектирование и разработка обновленных схем, спецификаций оборудования с учетом новых компонентов;
- расчет стоимости оборудования, времени его поставки, сроков модернизации;
- техническое согласование проекта, передача его в регулирующие морские органы, проверка соответствия международным морским стандартам (например, IMO, MARPOL, SOLAS);

На третьем этапе происходит воплощение проекта в жизнь. Данный этап является самым сложным в модернизации ЭЭУ, этот процесс требует четкой координации между участниками проекта, соблюдения сроков и стандартов качества. Итоговой целью данного этапа является внедрение проектных технических решений, разработанных на этапе проектирования, соответствующих установленным спецификациям и требованиям автономной системы. Реализация данного этапа включает в себя:

- закупка оборудования, включающая в себя: выбор надежных поставщиков и производителей оборудования, контроль сроков поставки, а также организацию транспортировки оборудования на объект (судостроительное предприятие или порт);
- подготовительные работы по демонтажу старого оборудования, реализация мест для установки нового оборудования, а также прокладка новых кабельных трасс или изменение существующих;
- монтаж нового оборудования, подключение силовых и сигнальных кабелей, установка устройств защиты, монтаж систем управления включающих в себя: установку контроллеров, датчиков и систем автоматического управления, а также интеграцию оборудования в судовую систему управления (автопилот, системы мониторинга и диагностики);
- испытание и тестирование всех компонентов ЭЭУ; проверка работы всей системы в различных режимах: штатный, автономный, аварийный; проверка взаимодействия модернизированной ЭЭУ с системами судна (например, автопилотом, системами мониторинга), полная нагрузка системы, имитирующая реальные условия эксплуатации;
- ввод в эксплуатацию судна, его сертификация и удовлетворение всем применимым требованиям правил PPC (Racing Rules Of Sailing), международным документам (конвенция СОЛАС, кодекс МППСС, конвенция МАРПОЛ, киотский протокол, международный кодекс по безопасному управлению (ISM), которое управляется без участия человека, следуя рейсовому заданию; подготовка эксплуатационной документации;
- эксплуатационные испытания, проверка работы ЭЭУ в реальных условиях на морских испытаниях;
- анализ времени работы системы без вмешательства человека, корректировка работы системы, включающая в себя устранение выявленных недостатков и настройка систем мониторинга;

Полное применение концепции МАНС невозможно без соответствующей экосистемы, которая будет включать в себя такие системы как: центр дистанционного управления (ЦДУ), система управления движением судов (СУДС) и модернизации судовых систем управления техническими средствами судна, автоматическая система обмена данными (АСОД), судовой технологический комплекс (СТК), контрольно-корректирующая станция, порты с оборудованными причалами для швартовки судна. Существует общепринятая архитектура морских автономных надводных судов, представленная на рисунке 1, которая должна обеспечивать их эффективность в ходе эксплуатации.

Технические решения сегодня – это три блока новых программных аппаратных комплексов. Автономная навигационная система (АНС), в состав которой входит подсистема автоматического маневрирования и расхождения (ПАМИР), автоматически анализирует все навигационные данные, оценивает обстановку и рассчитывает маневры с учетом параметров судна и в соответствии с Международной конвенцией о правилах предупреждения столкновения судов в море (COLREG 72). Оптическая система анализа ситуационной обстановки (ОСА) позволяет определять визуально объекты вокруг судна в автоматическом режиме и наблюдать за обстановкой вокруг в дистанционном режиме.

Пульт дистанционного управления (ПДУ) – ходовой мостик судна за его пределами, с помощью которого реализуется режим дистанционного управления оператором. Такой пульт может устанавливаться как на берегу, так и на головном судне в составе подконтрольного каравана.

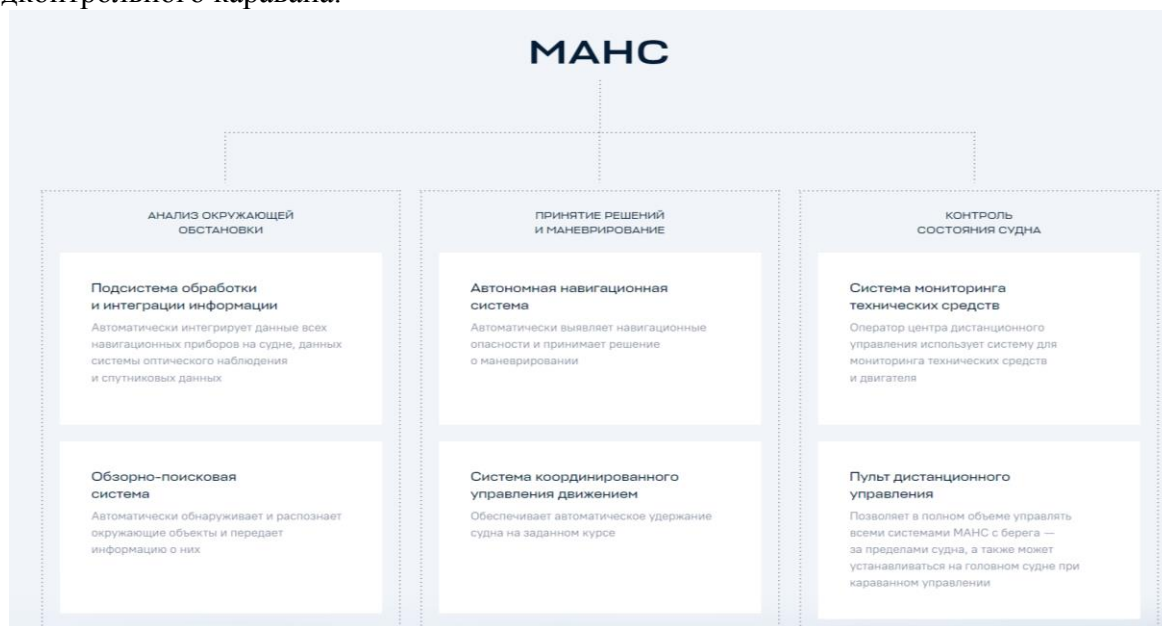


Рисунок 2 – Архитектура МАНС

Как можно заметить, все эти системы связаны, в основном, с навигацией и судовождением. Поэтому невольно встает вопрос о технической эксплуатации и обслуживании таких судов. А также в связи с таким большим количеством новых систем, важно сказать о потребности к повышению уровня кибербезопасности МАНС [5 - 7].

Процесс модернизации ЭЭУ на данный момент является сложным и экономически затратным в реализации, но тем не менее направление автономных судов становится все более актуальным и привлекательным благодаря множеству факторов, связанных с экономическими, технологическими, экологическими и логистическими преимуществами. Привлекательность автономных судов связана с их потенциалом изменить морскую индустрию, сделать ее более безопасной, экологичной и экономически эффективной. Эти технологии не только повышают производительность, но и открывают новые горизонты для судоходства, предлагая решения для сложных задач в условиях быстро меняющегося мира.

Список литературы:

1. Ильченко А. А. Автоматизированный подход к решению задачи определения района эксплуатации морского автономного надводного судна / А. А. Ильченко, Д. А. Акмайкин, А. В. Гамс // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. - 2022. - Т. 14. - № 4. - С. 508-518. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-4-508-518>.
2. Нырков А. П. Методика проектирования безопасных информационных систем на транспорте / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. В. Башмаков // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. - 2010. - № - С. 58-61.
3. Гуцуляк В. Н. О правовых и социальных проблемах использования морских судов без экипажей // Сборник научных докладов по итогам «круглого стола», проводимого совместно кафедрой «Морское право» Юридического института Российского

университета транспорта и Ассоциацией международного морского права – Москва, 29 октября 2020 года – С.10-14.

4. Щербань А.В. Правовые проблемы использования автономных морских судов в международном судоходстве // Аграрное и земельное право – 2020г. – С.67-71.

5. Актуальные киберугрозы: I квартал 2023 года // Positive technologies / Дата обновления: 16.06.2023 URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2023-q1/>

6. NotPetya ввел Maersk в убыток // Газета «Коммерсантъ» / Дата обновления: 16.08.2017 URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3385574>.

7. Вольский А.Б., Новоселов К.А. Исследование возможности модернизации судовой электростанции судов иностранного производства в условиях импортозамещения // Известия КГТУ. 2023. №68. С.97-109.



УДК 602.431.74.004.64

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ РАСХОДОМ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ СЯЭУ НА А/Л ПРОЕКТА 22220

Лукин Петр Дмитриевич¹, доцент, кандидат технических наук, доцент по кафедре судовые ЯЭУ

e-mail: lukin57@list.ru

Сабадаш Анатолий Иванович¹, профессор, кандидат технических наук, профессор по кафедре судовые ЯЭУ

e-mail: ais26spb@mail.ru

¹ Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В работе представлены материалы освещающие алгоритм управления расхода ПВ на современном атомном ледоколе проекта 22220. Также представлены структурные схемы регуляторов расхода ПВ и регулятора перепада давлений на питательном клапане. Также показано работа регулятора разравнивания расхода питательной воды между параллельно работающими питательными насосами. В статье особое внимание уделено особенностям регулирования расхода питательной воды и факторам оказывающим влияние на регулирование расхода питательной воды.

Ключевые слова: питательная вода, питательный клапан, перепад давления на питательном клапане, питательные насосы, расход питательной воды на ПГ, расход питательной воды за питательными насосами, рециркуляция питательной воды на деаэрактор.

THE ALGORITHM FOR CONTROLLING THE FLOW OF FEED WATER OF THE NUCLEAR POWER PLANT ON A/L PR. 22220

Peter Dmitrievich Lukin¹, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Marine Nuclear Power Plants

e-mail: lukin57@list.ru

Anatoly I. Sabadash¹, Professor, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department of Marine Nuclear Power Plants

e-mail: ais26spb@mail.ru

¹ State University of Maritime and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov

Annotation. The paper presents materials highlighting the algorithm for controlling the PV consumption on a modern nuclear icebreaker of the 22220 project. The structural diagrams of the PV flow regulators and the differential pressure regulator on the feed valve are also presented. The operation of the feed water flow equalization regulator between parallel feed pumps is also shown. In the article, special attention is paid to the peculiarities of regulating the flow of feed water and the factors influencing the regulation of feed water consumption.

Keywords: feed water, feed valve, pressure drop on the feed valve, condensation plant, steam condensation in the GC, condensate level in the GC, supercooling of condensate in the GC, temperature drop of seawater on the GC, increase in condensate temperature, cooling by seawater of the GC.

Введение

Паротурбинные установки характеризуются замкнутым циклом «пар-вода». Если управление «паром» — это управление турбиной; а управление «водой» — это управление конденсационной установкой, конденсатно-питательной системой и напорно-питательной системой [1].

Наибольший интерес вызывает управление напорно-питательной системой.

Напорно-питательная система предназначена для бесперебойного питания парогенераторов (ПГ) ЯППУ питательной водой (ПВ) требуемого качества, а также обеспечивает изменение мощности ЯППУ в соответствии с заданным режимом движения. Схема напорно-питательной системы является одной из самых сложных и разветвленных частей тепловой схемы ПТУ [2].

Вместе с насосами, арматурой, средствами автоматического управления и теплотехнического контроля, она играет решающую роль в обеспечении надежности ЯЭУ, так как ПВ воспринимает в ПГ тепловую энергию теплоносителя I контура. Нарушение работы напорно-питательной системы сразу же вызовет ответные нарушения в работе оборудования I контура. Это может создать условия, угрожающие безопасной эксплуатации ЯЭУ.

Основная часть

В напорно-питательной системе атомного ледокола решающим является регулирование расхода ПВ на парогенератор. К следящему регулированию расхода ПВ на парогенератор предъявляют самые высокие требования по точности и скорости изменения регулируемой величины. С появлением ультразвукового прибора, измерения расхода ПВ типа «Свирель», появилась возможность прямого регулирования расхода (ранее регулирование происходило косвенным методом по положению питательного клапана).

Изменилась и конструкция питательного клапана (ПК). Если раньше, ПК был пробкового типа и квадратичная зависимость расхода от радиуса компенсировалась профилем затвора, то теперь ПК клеточного типа и квадратичная зависимость расхода от радиуса компенсируется размерами прорезей в седле цилиндрического типа [3].

Нелинейность расходной характеристики ПК компенсировалась дроссельным клапаном (ДК), который поддерживал постоянный перепад давлений на ПК. На ледоколе проекта 22220 отказались от ДК и перепад давления на ПК поддерживается с помощью изменения частоты вращения э/д питательного насоса. Что позволяет регулировать расход ПК при поддержании постоянного перепада давления на нем, а также регулировать расход изменением оборотов ЭПН при полностью открытом ПК (уменьшаются гидравлические потери).

Математическая структурная схема регулятора расхода ПВ представлена на рис.1.

Как видно из рисунка, ПК имеет автоматическое и дистанционное управление. Имеет два следящих контура управления. Причем, позиционер (контур положения ПК) конструктивно выполнен в одном корпусе с э/д привода ПК и выполнен в программируемом блоке. Регулятор расхода ПК является астатическим и работает по ПИ-закону. Следует отметить, что ИО (э/д ПК) и ультразвуковой датчик расхода являются полностью интеллектуальными приборами т.к. обмен информации с ними производится с помощью последовательного интерфейса по шине MODBUS.

Математическая структурная схема регулятора перепада давления на ПК представлен на рис.2.

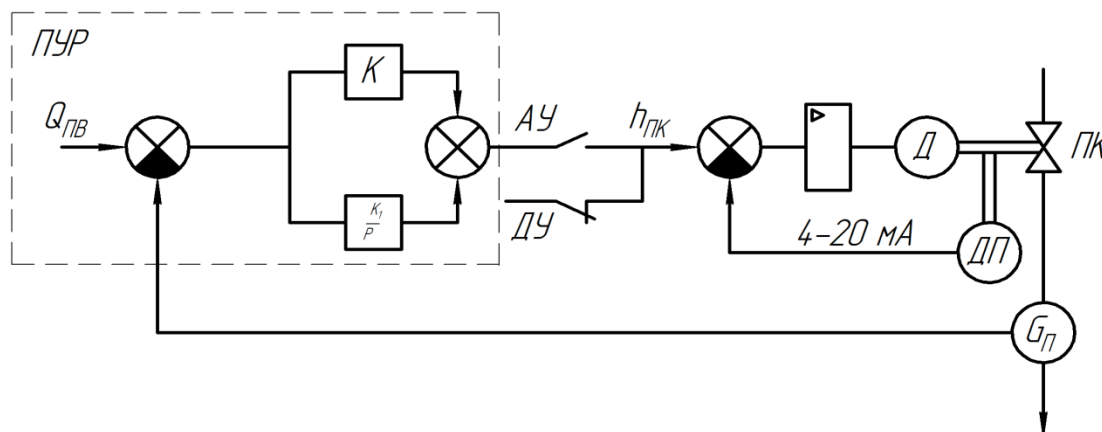


Рисунок 1 – Регулятор расхода ПВ.

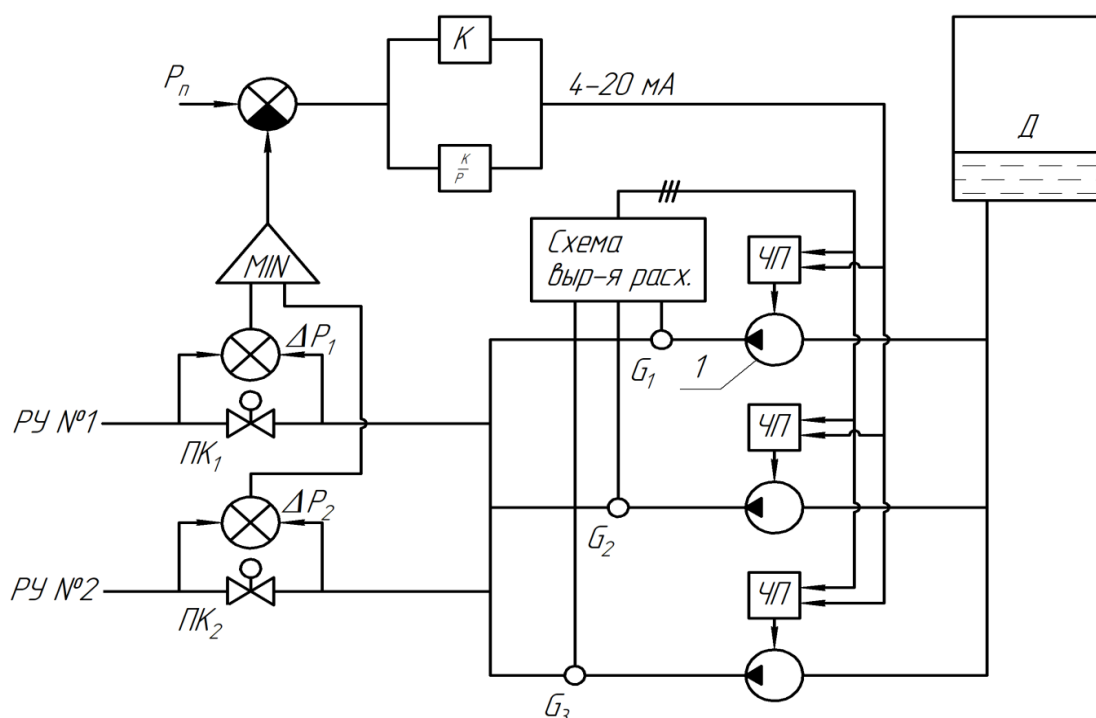


Рисунок 2 – Регулятор перепада давления на ПК.

Как видно из рис.2., в работе находятся два ПК регулирующих расход ПВ, каждый на своем борту. Регулятор $\Delta P_{ПК}$ принимает в контур регулирования минимальный перепад давления на ПК из двух бортов (тот ПК который больше открыт). Для приведения перепада давления $\Delta P_{ПК}$ к заданному значению производится воздействие на частоту вращения питательных насосов. Питательные насосы работают параллельно на общий коллектор питательный воды общий на два борта. Для разравнивания нагрузки на параллельно работающие питательные насосы, работают регуляторы разравнивания расходов. Данный регулятор измеряет непосредственно расход ПВ на напоре каждого из трех питательных насосов сравнивает их между собой и для выравнивания расходов

воздействует на частоту вращения питательного насоса у которого расход отличается от двух других [4].

Выводы.

1. На атомном ледоколе проекта 22220 регулирование расхода ПВ производится прямым регулятором расхода, что стало возможным с использованием совершенно нового интеллектуального прибора измерения расхода ПВ т. «Свирель».

2. Регулятор расхода ПВ построен по структуре ПИ-регулятора с использованием следящего контура регулирования положения ПК.

3. Разработан новый ПК с программным блоком управления и с приводом от электродвигателя. Коммутация электродвигателя по питанию производится полупроводниковой схемой. Управление ПК от программируемого логического контроллера производится по полевой шине MODBUS. При этом ПК не имеет ручного управления.

4. Обеспечение минимального перепада давления на питательных клапанах обоих бортов производится одновременным воздействием на частоту вращения всех работающих питательных насосов.

5. Для равномерного распределения нагрузки между параллельно работающими питательными насосами используется контур разравнивания расходов на работающих питательных насосах.

6. В целом, схема управления расходом питательной воды позволяет регулировать расход ПВ на ПГ как изменением положения ПК, так и изменением частоты вращения питательных насосов. Регулирование расхода частотой вращения питательных насосов возможно в диапазоне от 1200 об/мин до 3000 об/мин, что определяется коэффициентом полезного действия центробежных насосов (на частоте вращения ниже 1000 об/мин центробежный насос имеет очень низкий коэффициент полезного действия). Для исключения вскипания воды на рабочих колесах питательных насосов на малых расходах, устанавливаются клапана рециркуляции с напора питательных насосов в деаэратор, которые открываются при снижении расхода за питательным насосом ниже минимально допустимого значения.

Список литературы:

1. Семяка В.А. Тепловой расчет судовых ПТУ. Москва:Изд. «Транспорт».1965г.-С.46-50.
2. Справочник судового механика. Том I. Под общей редакцией, к.т.н. Л.Л.Грица. Москва. «Транспорт», 1973г., с.639-650.
3. Информация по безопасности плавучих объектов с ЯУ проектов 10521, 10081, 10580, 10560, 22220, 20870. АО ЦКБ «Айсберг».
4. Описания, инструкции по эксплуатации ЯЭУ, их элементов и систем для проектов 10521, 10081, 10580, 10560, 22220, 20870. АО ЦКБ «Айсберг».

УДК 378.147.026.7:621.3:004

ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Попов Сергей Васильевич¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,

e-mail: popovsev3@yandex.ru

Хватов Олег Станиславович¹, д.т.н., профессор, профессор кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,

e-mail: khvatov_oleg@mail.ru

Малышев Юрий Сергеевич¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,

e-mail: elektrikasp@mail.ru

Бурмакин Олег Анатольевич¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,

e-mail: boa_71@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Обоснованы положительные стороны применения виртуальных тренажеров в образовательном процессе. Рассмотрен тренажерный комплекс на основе VR/AR-технологий и имитационного моделирования. Создана виртуальная модель единой судовой электроэнергетической системы, которая встроена в 3D модель судна. Описаны основные возможности и алгоритмы управления, реализованные в тренажерном комплексе. Показана целесообразность использования тренажерного комплекса в процессе обучения и подготовки квалифицированных кадров.

Ключевые слова: тренажерный комплекс, судовая электроэнергетическая система, VR/AR-технология, виртуальный тренажер, имитационная модель.

VIRTUAL SIMULATOR COMPLEX OF SHIP ELECTRIC POWER SYSTEM

Popov Sergey Vasilievich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Electrical Equipment of Water Transport Objects

e-mail: popovsev3@yandex.ru,

Khvatov Oleg Stanislavovich¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Electrical Engineering and Electrical Equipment of Water Transport Objects

e-mail: khvatov_oleg@mail.ru,

Malyshev Yuri Sergeevich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Electrical Equipment of Water Transport Objects

e-mail: elektrikasp@mail.ru,

Burmakin Oleg Anatolyevich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Electrical Equipment of Water Transport Objects

e-mail: boa_71@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The positive aspects of using virtual simulators in the educational process are substantiated. A training complex based on VR/AR technologies and simulation modeling is

considered. A virtual model of a single ship electric power system is created, which is built into a 3D model of the vessel. The main capabilities and control algorithms implemented in the simulator complex are described. The feasibility of using the simulator complex in the process of teaching and training qualified personnel is shown.

Keywords: training complex, ship electric power system, VR/AR technology, virtual simulator, simulation model.

Подготовка квалифицированных специалистов для работы на судах морского и речного флота является актуальной задачей для отрасли. Применение современных IT-технологий в процессе обучения способствует этой подготовке и получило широкий отклик, так как позволяет детально визуализировать большинство реальных объектов [1-4]. Особенно важна возможность визуализации оборудования, имеющего значительные массогабаритные и стоимостные показатели, которая осуществляется путем применения VR/AR-технологий и имитационного 3D моделирования.

При создании 3D модели за основу был выбран пассажирский лайнер водоизмещением 30 тыс.т. Составлены графические модели и детально визуализированы помещения судна, в которых расположены основные источники, потребители и система распределения электроэнергии. В состав моделируемого оборудования входят системы четырех дизель-генераторов (ДГ), попарно расположенных по бортам судна, гребные электрические установки в виде двух винто-рулевых колонок, и подруливающего устройства, установленных в кормовой и носовой части судна соответственно.

Сцена внешнего вида смоделированного судна представлена на Рисунке 1.

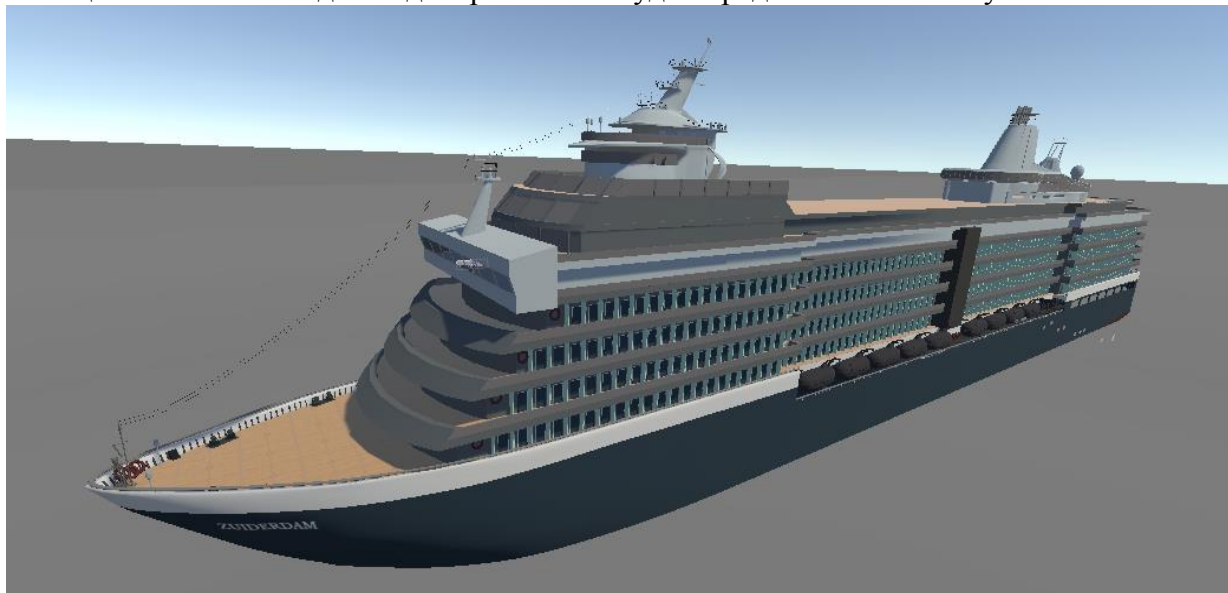


Рисунок 1 – Сцена внешнего вида смоделированного судна

Поскольку основным объектом генерирования электроэнергии является дизель-генераторная установка, то первым помещением для моделирования выбрано машинное отделение (МО). Одним из вариантов размещения дизель-генераторов на судах с большим водоизмещением является попарное разделение ДГ, установленных в отдельных помещениях по правому и левому бортам. На Рисунке 2 показана сцена модели одного из помещений МО с установленными дизель-генераторами и дополнительным оборудованием. Дополнительное или вспомогательное оборудование необходимо для обеспечения нормальной работы ДГ - агрегатов. К такому оборудованию относятся:

воздушный компрессор с баллонами высокого давления, водяной насос охлаждения двигателя, топливный насос и системы трубопроводов.

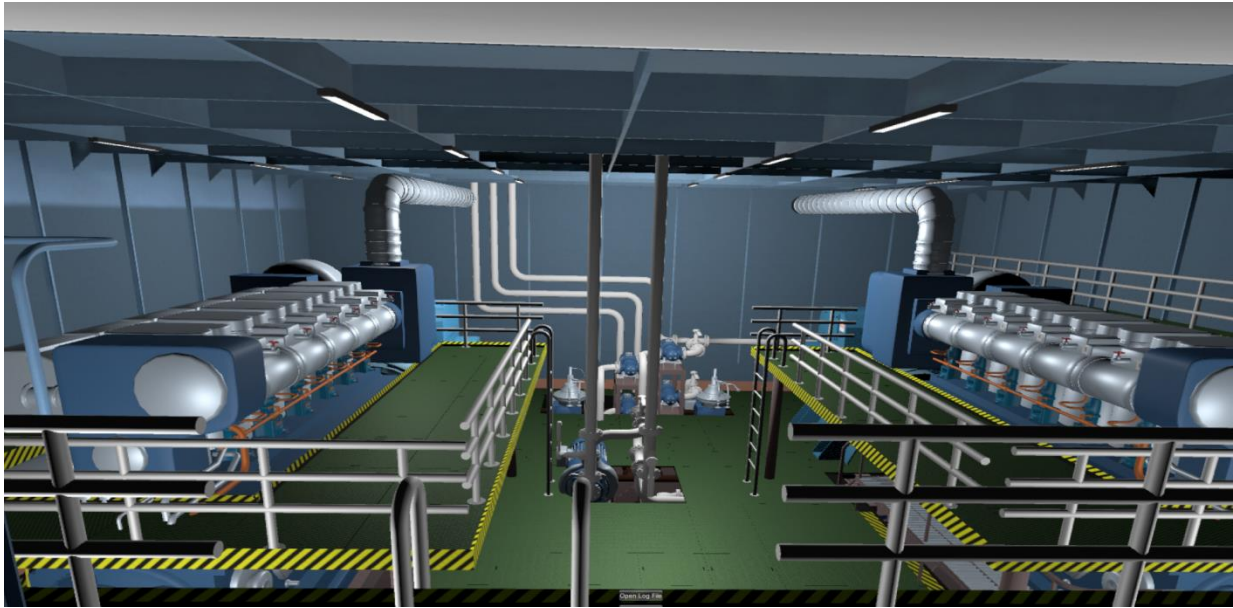


Рисунок 2 – Сцена внешний вид машинного отделения

Эксплуатация оборудования предполагает умение выполнять определенные операции для его включения, контроля рабочего режима, штатного и аварийного отключения [2,3,5,6]. Поэтому в модель введены алгоритмы запуска, регулирования, штатной и аварийной остановки дизель-генераторного агрегата.

Перед пуском ДГ необходимо выполнить подготовку обслуживающих его систем, к которым относятся:

- пусковая система сжатого воздуха;
- система водяного охлаждения;
- система подачи топлива;
- система смазки;
- система отведения отработанных газов (предполагается, что всегда открыта).

Щит местного управления ДГ и вспомогательными системами установлен в непосредственной близости от приводных двигателей внутреннего сгорания. Внешний вид местного щита управления приводными двигателями показан на Рисунке 3. Щит имеет две схожие секции с одинаковым набором органов управления и индикации для двух ДГ. В верхней части щита установлена панель управления двигателем, а в нижней части – электроприводами вспомогательных систем.

Следует отметить, что установленные на лицевых панелях переключатели имеют возможность поворота, а кнопки – нажатия и подсвечивания. При введении любого электропривода в действие, путем подачи питания и нажатия пусковой кнопки, стрелка амперметра покажет значение тока потребляемого электродвигателем. Также подсвечиваются лампы подачи силового питания и рабочего состояния электропривода. Управление электроприводами возможно как с местного, так и от дистанционного пульта, установленного в центральном посту управления (ЦПУ).



Рисунок 3 – Внешний вид щита управления приводными двигателями ДГ

Алгоритм управления предусматривает блокировку пуска двигателя пока параметры давления воздуха, масла и т.п. не достигнут установленных значений. Готовность двигателя к пуску обозначается засветкой соответствующей лампы. В процессе запуска и работы двигателя индикаторы, установленные на панели управления двигателем, отображают фактические значения параметров для визуального контроля и оценки состояния двигателя и вспомогательных систем.

Для ознакомления с конструкцией высоковольтного генератора в тренажерном комплексе реализована возможность рассмотрения элементов электрических машин. В модель встроено два демонстрационных режима: режим обучения (см. Рисунок 4) и тестирующий режим с участием преподавателя.

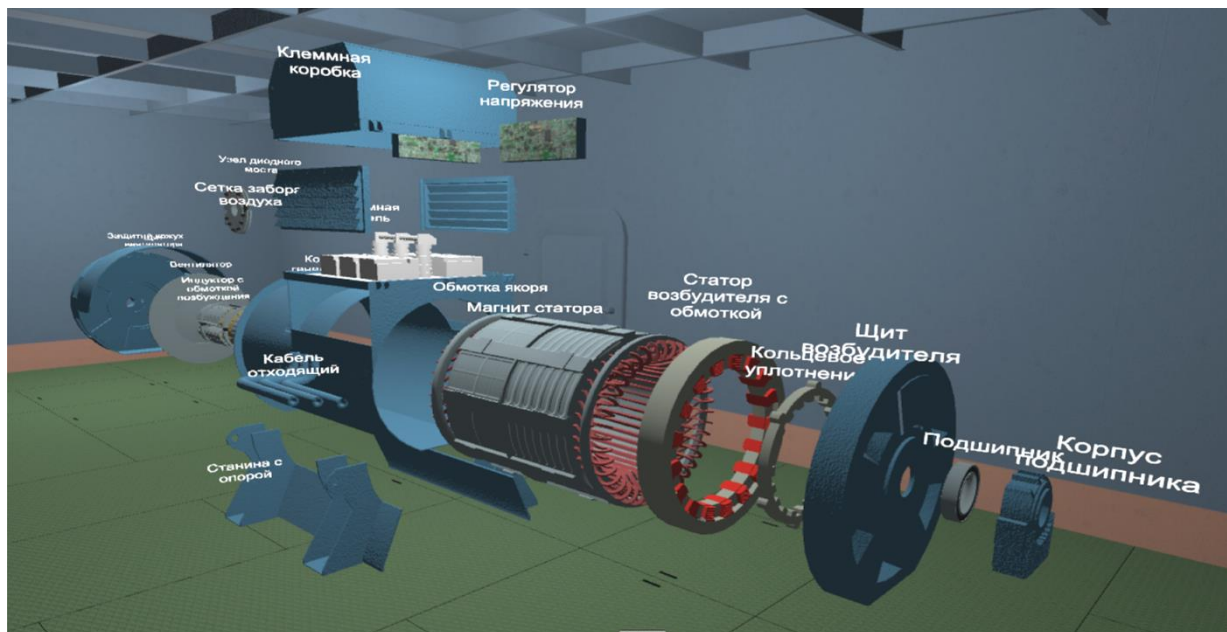


Рисунок 4 - Сцена виртуальной модели. Внешний вид элементов разобранного высоковольтного синхронного генератора (режим обучения)

Использование виртуального тренажера позволяет обучающимся:

- ознакомиться с устройством судна, основными техническими помещениями и оборудованием МО;
- изучить состав электрооборудования единой судовой электроэнергетической системы;
- усвоить согласование параметров силового питания электрооборудования с его номинальными параметрами;
- понять назначение оборудования технических помещений судна и изучить конструкции силовых электрических машин;
- ознакомиться с вспомогательными системами дизель-генераторной установки и их принципом действия;
- изучить и усвоить алгоритмы управления пуском/остановом судового дизельного двигателя.

Предложенный виртуальный тренажерный комплекс судовой электроэнергетической системы успешно используется в процессе обучения студентов очного и заочного отделений и позволяет получить представление о работе механических агрегатов и высоковольтного электрооборудования морского судна.

Список литературы:

1. Молочков В.Я., Компьютерный тренажер судовой электростанции / Молочков В.Я., Молочкова И.Д. // Научные труды дальрыбвтуза. Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет. – 2009. – № 21. – С: 223-227.
2. Хватов, О.С. Эксплуатационные режимы судовой электростанции танкера; метод. указания по моделированию на ПК режимов работы судовой электростанции танкера для студ.очн. обучения спец. 180404; Бурмакин, О.А. Гусакова, Т.Н., Хватов, О.С. - Н. Новгород, <http://94.100.87.24:8080/marcweb/>.
3. Хватов, О.С. Управление работой виртуальной судовой электроэнергетической системы морского теплохода; метод. указания для студ.очн. обучения спец.180404;

Бурмакин, О.А., Гусакова, Т.Н., Малышев, Ю.С., Хватов, О.С. - Н.Новгород, <http://94.100.87.24:8080/marcweb/>.

4. Гребные электрические установки в составе электроэнергетической системы судна. Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ в среде виртуальной и дополненной реальности по курсу «Гребные электрические установки» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» и преподавателей / сост. – С.В. Попов, Ю.С. Малышев, О.С. Хватов – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2022. – 39 с.

5. Соловьев, Н.Н.; Судовые электроэнергетические системы; учебник; Самулеев, В.И. Соловьев, Н.Н. - М., Транспорт;

6. Сугаков, В.Г.; Системы автоматического регулирования параметров электрической энергии судовых электростанций; учеб.пособие; Сугаков, В.Г. Хватов, О.С. - Н.Новгород, <http://94.100.87.24:8080/marcweb/>;

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧКИ МОДЕЛИ СУДНА НА ВСТРЕЧНОМ ВОЛНЕНИИ

Попова Екатерина Александровна^{1,2}, инженер-конструктор 2 категории, студент магистратуры, 2 курс

e-mail: ekaterina.ppopova@yandex.ru

Яцук Юрий Владимирович², профессор, к.т.н., доцент

e-mail: yatsukuv@gumrf.ru

Афанасьев Андрей Константинович², доцент, к.т.н.

e-mail: af-an-ko@ya.ru

¹ЗАО «Канонерский судоремонтный завод», Санкт-Петербург, Россия

² ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Исследование качки судов является важной составляющей обеспечения мореходности судна. Результаты исследований качки судов применяются для решения широкого ряда задач, таких как определение наибольших амплитуд и ускорений в штормовых условиях, оценка опасности возникновения забрызгивания, заливания и слеминга, проектирование успокоителей качки. В рамках данной работы проведено исследование качки модели судна на встречном волнении в опытовом бассейне ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова. Получены экспериментальные амплитудно-частотные характеристики килевой и вертикальной качки. В комплексе свободно-распространяемых программ Nemoh, в основе которого лежит метод граничных элементов, выполнены расчёты качки модели судна. Приведено сопоставление результатов, полученных в ходе модельного и вычислительного экспериментов.

Ключевые слова: качка судна, метод граничных элементов, вычислительная гидродинамика, опытовый бассейн, мореходность

COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE SHIP MODEL
PITCHING ON AN ONCOMING WAVE

Popova Ekaterina Alexandrovna^{1,2}, Design engineer of the 2nd category, master's Degree student

e-mail: ekaterina.ppopova@yandex.ru

Yatsuk Yuri Vladimirovich², Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: yatsukuv@gumrf.ru

Afanasyev Andrey Konstantinovich², Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

e-mail: af-an-ko@ya.ru

¹ Joint Stock Company Kanonersky Ship Repairing Yard, Saint Petersburg, Russia

² Admiral Makarov SUMIS, Saint Petersburg, Russia

Abstract. The study of ship pitching is an important component of ensuring the ship's seaworthiness. The results of ship pitching studies are used to solve a wide range of tasks, such as determining the greatest amplitudes and accelerations in stormy conditions, assessing the risk of splashing, flooding and slamming, and designing ship's anti rocking dampers. In the framework of this work, a study of the Seiner model pitching on an oncoming wave in the

towing tank of the Admiral S. O. Makarov SUMIS was conducted. Experimental amplitude-frequency characteristics of pitching and vertical motion are obtained. Calculations of the Seiner model pitching have been performed in the Nemoh free software package, which is based on the boundary element method. A comparison of the results obtained during the model and computational experiments is presented.

Keywords: ship pitching, boundary elements method, computational fluid dynamics, towing tank, seaworthiness.

Исследования качки представляют собой важную составляющую в обеспечении мореходности судов [1]. Результаты исследования применяются для решения широкого круга задач, таких как определение наибольших амплитуд и ускорений в штормовых условиях, оценка опасности возникновения забрызгивания, заливания и слеминга, проектирование успокоителей качки [2]. Целью проведения данного исследования является сопоставление результатов модельного и вычислительного экспериментов.

В данной работе в качестве объекта исследования выбрана модель судна, изготовленная в масштабе 1:13, её основные размерения приведены в Таблице 1. Внешний вид модели представлен на рисунке 1.

Таблица 1

Основные размерения

Основные характеристики	Модель
Длина габаритная, м	2,035
Ширина по КВЛ, м	0,6169
Осадка по КВЛ, м	0,168
Водоизмещение, м ³	0,1353
Момент инерции относительно поперечной оси, тм ²	0,0349

Исследование качки модели судна без хода в условиях встречного регулярного волнения проведено в опытовом бассейне ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова. Модель была установлена под буксировочной тележкой, при этом ей была обеспечена возможность свободно перемещаться по вертикали и дифферентоваться. Крутизна волнения была принята равной 1/40, что ориентировочно соответствует крутизне морского волнения.



Рисунок 1 – Модель судна

В ходе исследования осуществлялись следующие измерения:

- высота волны (ультразвуковой датчик mic-25/IU/M);
- дифферент модели (гировертикаль АП-5, установленная на модели);
- вертикальные перемещения центра тяжести модели (штатный потенциометрический датчик).

Перед началом испытаний осуществлялась тарировка всех датчиков, также была проведена статическая и динамическая тарировка модели [3]. Регистрация данных, полученных от датчиков, осуществлялась с помощью ЭВМ. На рисунках 2-4 представлены данные, полученные от датчиков.

Для очистки зарегистрированных сигналов от помех проводился гармонических анализ всех измеряемых величин – каждая из них представлялась в виде ряда Фурье, после чего производилось выделение первых гармоник сигналов. При этом продолжительность записи автоматически корректировалась таким образом, чтобы она была кратной периоду волны.

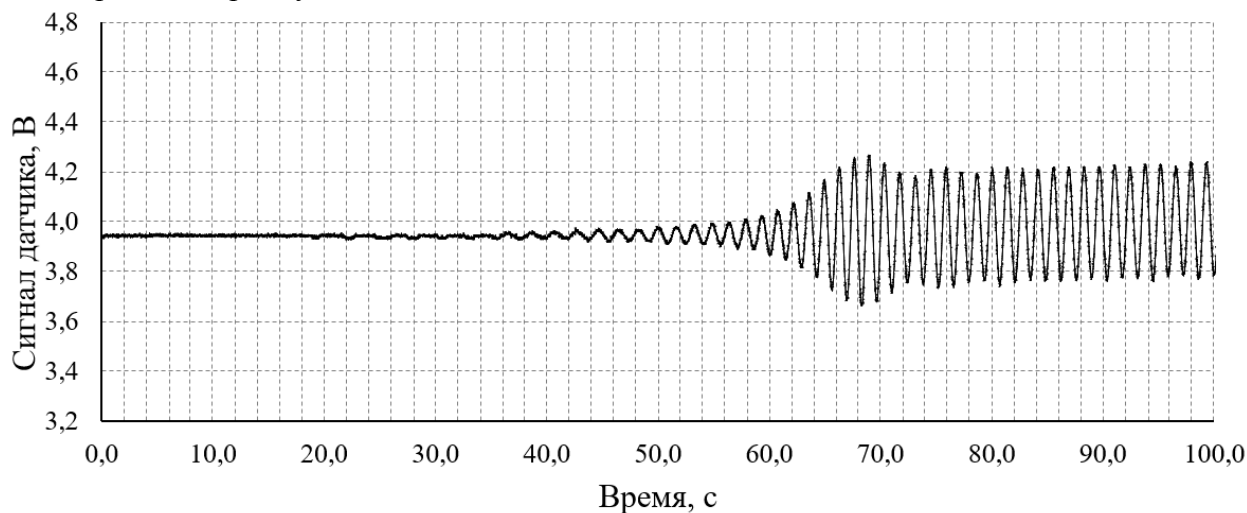


Рисунок 2 – Вертикальные перемещения центра тяжести модели

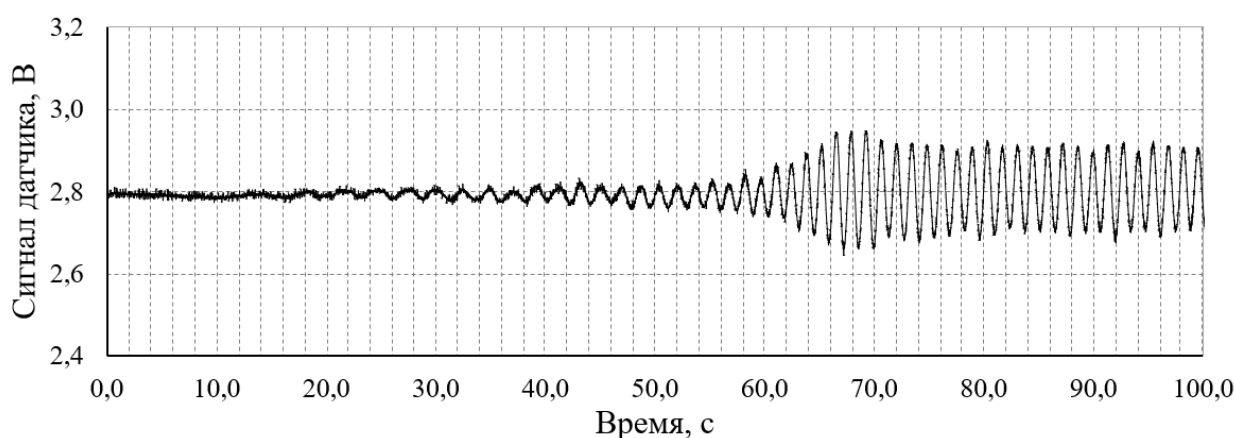
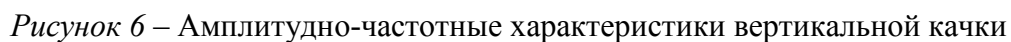


Рисунок 3 – Дифферент модели

Для проведения вычислительного эксперимента выбран комплекс программ Nemoh [4]. В его основе лежит метод граничных элементов [5]. Этот комплекс разработан в 2014 году в Лаборатории исследований гидродинамики, энергетики и окружающей среды во Франции [6]. Nemoh предназначен для расчета волновых нагрузок первого и второго порядка, что позволяет использовать его для решения широкого круга задач качки судов. Для создания 3D модели исследуемого судна использована программа FreeShip, полигональная сетка создана с помощью программы FreeCAD. Всё использованное программное обеспечение является свободно распространяемым.

На рисунках 5 и 6 представлено сравнение результатов расчетов амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) килевой и вертикальной качки модели.



По полученным графикам можно сделать вывод о том, что результаты расчёта АЧХ килевой качки, полученные с помощью комплекса программ Nemoh, относительно хорошо соответствуют данным, полученным в ходе модельного эксперимента. Вместе с тем, в области малых частот отмечается избыточный рост расчётных амплитуд.

Расчётная АЧХ вертикальной качки в области высоких частот представляется весьма существенно завышенной. Данное обстоятельство диктует необходимость проведения дополнительных исследований для установления его причин.

В ходе последующих работ предполагается выполнение серии опытов не только с данным судном, но и с другими моделями и анализ полученных данных.

Список литературы:

1. Живица С. Г. Ускорения от качки и их учет при оценке мореходности судна / С. Г. Живица // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2022. – № 68-69. – С. 20-33. – EDN EКТВQI.

2. Сичкарев В. И. Анализ амплитудно-частотной характеристики бортовой качки, полученной в эксплуатационном рейсе / В. И. Сичкарев, В. П. Умрихин, А. А. Приваленко // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – № 74. – С. 197-207. – DOI 10.37890/jwt.vi74.355. – EDN QAQYLQ.

3. Справочник по теории корабля: В трёх томах. Том 2. Статика судов. Качка судов / Под ред. Я. И. Войткунского. – Л: Судостроение, 1985. – 440 с., ил.

4. Попова Е. А. Применение численного моделирования для решения задач динамики судна на волнении / Е. А. Попова // Современные вызовы транспортной отрасли: новые возможности : Материалы межвузовской научно-практической конференции транспортных вузов, Москва, 27–28 февраля 2024 года. – Москва: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2024. – С. 202-204. – EDN MLXUNV.

5. Сравнительный анализ различных моделей для прогнозирования волновых нагрузок корпуса судна / В. А. Коршунов, Р. С. Мудрик, Д. А. Пономарев [и др.] // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2022. – № 2(400). – С. 17-23. – DOI 10.24937/2542-2324-2022-2-400-17-23. – EDN KUSCRQ.

6. Научно-исследовательская лаборатория гидродинамики, энергетики и атмосферной среды LHEEA (ec-nantes.fr). [Электронный ресурс] URL: <https://lheea.ec-nantes.fr/lheea/news-and-events/release-of-nemoh-v3-0-0> (дата обращения 05.01.2025)

УДК 62-63

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ТАНКЕРОМ

Скрипко Людмила Петровна¹, кандидат педагогических наук, доцент кафедры
«Математические и естественнонаучные дисциплины»

Скрипко Анастасия Андреевна², аспирант
e-mail: skripkoanastasia@mail.ru

¹Каспийский институт морского и речного транспорта имени ген.-адм. Ф.М. Апраксина – филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ», г. Астрахань

²ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

Аннотация: Постановление Правительства Российской Федерации от 9 сентября 2023 г. №1473 О комплексной государственной программе Российской Федерации «Энергообеспечение энергетической эффективности». Автоматизированная система управления и контроля требуют усовершенствования, так как поднимается спрос на многофункциональные работы, необходимость выполнять широкий круг разнообразных задач в условиях промышленного производства, возможности перенастройки на различные функции выполнения. Самый перспективный на сегодняшний день, который уже начинает внедряться в судовой отрасли – это индукционный нагрев. Технология индукционного метода базируется на использовании электромагнитного поля с применением токов Фуко, для разогрева металлических частей танка, что передает тепло мазуту. Существенные преимущества включают в себя точный контроль температуры, снижение теплоконтроля, быстрая адаптация к изменению внешних условий. Индукционный нагрев равномерно распределяется тепло, сокращает риск застывания мазута. Новые пути повышения энергоэффективности при транспортировке заключается в использовании интеллектуальных систем управления. Написана математическая модель и представлена реализация предлагается в программном обеспечении MasterSCADA. В статье приводятся примеры современных технологий термоизоляции и подчеркивается значимость снижения углеродного следа. Инновационные решения способствуют повышению безопасности и экономической эффективности транспортировки нефтепродуктов.

Ключевые слова: транспортировка нефтепродуктов, индукционный нагрев, энергоэффективность, интеллектуальные системы управления, термоизоляция, экологические стандарты, мазут, морской транспорт.

INNOVATIVE APPROACHES TO THE TRANSPORTATION OF PETROLEUM PRODUCTS BY TANKER

Lyudmila Petrovna Skripko¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical and Natural Sciences

Anastasia Andreevna Skripko², postgraduate
e-mail: skripkoanastasia@mail.ru

¹Caspian Institute of Marine and River Transport named after Gen.-Adm. F.M. Apraksin – branch of the Federal State Budgetary Educational Institution "VGUVT", Astrakhan

²FGBOU VO "Astrakhan State Technical University"

Abstract: Resolution of the Government of the Russian Federation dated September 9, 2023 No. 1473 On the Comprehensive State program of the Russian Federation "Energy Supply of energy efficiency". The automated control and control system needs to be improved, as the demand for multifunctional work is rising, the need to perform a wide range of diverse tasks in industrial production conditions, and the possibility of reconfiguration to various performance functions. The most promising one to date, which is already beginning to be implemented in the marine industry, is induction heating. The technology of the induction method is based on the use of an electromagnetic field using Foucault currents to heat the metal parts of the tank, which transfers heat to the fuel oil. Significant advantages include precise temperature control, reduced heat control, and rapid adaptation to changing external conditions. Induction heating distributes heat evenly, reducing the risk of solidification of fuel oil. New ways to improve energy efficiency in transportation are using intelligent control systems. A mathematical model has been written and the implementation is proposed in the MasterSCADA software. The article provides examples of modern thermal insulation technologies and emphasizes the importance of reducing the hydrocarbon footprint. Innovative solutions contribute to improving the safety and economic efficiency of transportation of petroleum products.

Keywords: transportation of petroleum products, induction heating, energy efficiency, intelligent control systems, thermal insulation, environmental standards, fuel oil, marine transport.

Постановление Правительства Российской Федерации от 9 сентября 2023 г. №1473 О комплексной государственной программе Российской Федерации «Энергообеспечение энергетической эффективности» направлено на решение вопросов энергоэффективности всех технологических процессов, включая переработку и транспортировку нефтепродуктов. По данным конференции ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД) около 80% объема мировой торговли в тоннах приходится на морской транспорт. [1]

Наиболее распространенный нефтепродукт транспортируемой нефтерудовозами является мазут. Это важное сырье для энергетики и промышленности, однако большая вязкость создает достаточно большие трудности при его транспортировке и отгрузке, в холодных климатических условиях. Температура застывания мазута марки М100 составляет 25°C.

Обеспечение равномерного и стабильного разогрева мазута необходимо для предотвращения его загустения и снижения риска повреждения трубопроводов и оборудования. Современные начало технологии направлены на решения этих проблем, с учетом экономичности и экологичности процессов отгрузки, загрузки и транспортировки нефтепродуктов.

Наиболее широко используемые методы разогрева мазута это: паровой, электрический. Паровой метод основывается на циркуляции пара по трубам, окружающим резервуар с мазутом. Это надежный метод долгое время используется в Астраханском газоперерабатывающем заводе (АГПЗ). Однако большие потери тепла, особенно в зимнее время года снижает энергоэффективность и увеличивает эксплуатационные расходы.

Энергетические подогреватели применяются как дополнения к паровым, обеспечивают равномерность нагрева, но ведут к большим затратам электроэнергии и эксплуатационным расходам.

Самый перспективный на сегодняшний день, который уже начинает внедряться в судовой отрасли – это индукционный нагрев. Технология индукционного метода базируется на использовании электромагнитного поля (токов Фуко), для разогрева металлических частей танка, что передает тепло мазуту. Существенные преимущества включают в себя точный контроль температуры, снижение теплоконтроля, быстрая

адаптация к изменению внешних условий. [2] Индукционный нагрев равномерно распределяется тепло, сокращает риск застывания мазута.

Новые пути повышения энергоэффективности при транспортировке заключается в использовании интеллектуальных систем управления.

Технологии умных датчиков и программного обеспечения позволяет осуществлять контроль над основными параметрами: температурой и давлением, управлять системами подогрева в реальном времени. Эти системы могут автоматически подстраиваться под изменения температуры окружающей среды, обеспечивая оптимальный уровень разогрева мазута и минимизировать энергозатраты. На рисунке 1 представлен пример умных датчиков для интеллектуальной системы разогрева мазута в танкере.

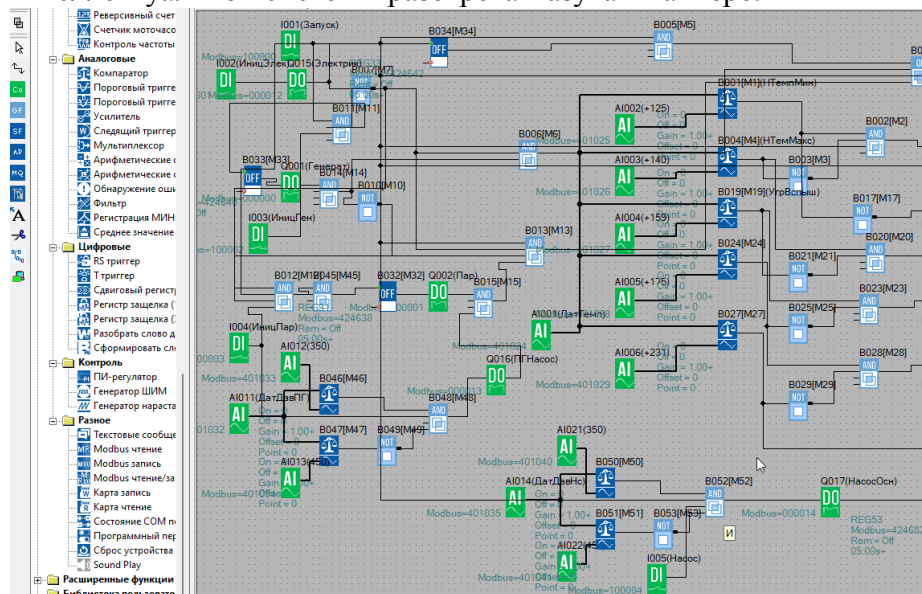


Рисунок 1 – Пример умных датчиков для интеллектуальной системы разогрева мазута в танкере

Температура разогрева варьируется при прохождении судна через холодные районы, подача тепла увеличивается, а при благоприятных условиях снижается.

Мы предлагаем новый метод индукционного разогрева мазута с внутренним мзеевиком, защищенным металлическим кожухом толщиной от 2 до 10 мм.

Современные разработки в области термоизоляции включают использование композитных материалов с улучшенными характеристиками теплоудержания. Это актуально для длительных рейсов с уменьшением эксплуатационных расходов.

Необходимо учитывать экологичность ситуации, а именно снижение углеводородного следа. Сокращение выбросов парниковых газов, что возможно добиться токами Фуко с внутренним обогревом.

Для автоматизированной системы управления написана математическая модель расчета эффективности, общей энергии индукционного нагрева. Приведена оценка энергопотребления и теплотеря различных систем нагрева. [4]

Разработанная математическая модель позволяет оптимизировать параметры системы и адаптировать ее под конкретные условия эксплуатации.

Для оценки энергопотребления и теплотеря различных систем нагрева вводятся следующие параметры: m – масса мазута (кг); c – удельная теплоемкость мазута (Дж/кг·°C); d – толщина стенки (м); A – площадь стенки резервуара (м²); $T_{\text{нач}}$, $T_{\text{кон}}$ – начальная и конечная температуры мазута (°C); τ – время нагрева (с); $\alpha_{\text{окр}}$ – коэффициент

теплопередачи к окружающей среде ($\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$); λ – коэффициент теплопроводности материала стенки ($\text{Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$).

Энергия для нагрева мазута:

$$Q_{\text{мазут}} = m \cdot c \cdot (T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}) \quad (1)$$

Теплопотери через стенки резервуара:

$$Q_{\text{потери}} = \frac{A \cdot (T_{\text{ср}} - T_{\text{окр}})}{\frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{окр}}}} \cdot \tau \quad (2)$$

$$\text{Где } T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{нач}} + T_{\text{кон}}}{2}$$

Общая энергия для парового метода:

$$W_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{потери}} + Q_{\text{мазут}}}{\eta_{\text{п}}} \quad (3)$$

Общая энергия для индукционного метода:

$$W_{\text{и}} = \frac{Q_{\text{мазут}}}{\eta_{\text{и}}} + k \cdot Q_{\text{потери}} \quad (4)$$

Где k – коэффициент, характеризующий снижение теплопотерь при индукционном нагреве ($k < 1$).

Рассмотрим пример расчета энергоэффективности.

Для расчета принимаем: $m = 100000 \text{ кг}$; $c = 2000 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$; $T_{\text{нач}} = 20^\circ\text{C}$, $T_{\text{кон}} = 60^\circ\text{C}$; $A = 500 \text{ м}^2$; $d = 0.02 \text{ м}$; $\lambda = 50 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$; $\alpha_{\text{окр}} = 10 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; $\tau = 3600 \text{ с}$; $\eta_{\text{и}} = 0.9$, $\eta_{\text{п}} = 0.6$, $k = 0.2$.

Энергия для нагрева мазута:

$$Q_{\text{мазут}} = 100000 \cdot 2000 \cdot (60 - 20) = 8 \cdot 10^9 \text{ Дж} \quad (5)$$

Теплопотери для парового метода составляют:

$$Q_{\text{потери}} = \frac{500 \cdot (40 - 5)}{\frac{0.02}{50} + \frac{1}{10}} \cdot 3600 = 6.48 \cdot 10^6 \text{ Дж} \quad (6)$$

Общая энергия для парового метода составляет:

$$W_{\text{п}} = \frac{8 \cdot 10^9 + 6.48 \cdot 10^6}{0.6} \approx 1.34 \cdot 10^{10} \text{ Дж} \quad (7)$$

Общая энергия для индукционного метода:

$$W_{\text{и}} = \frac{8 \cdot 10^9}{0.9} + 0.2 \cdot 6.48 \cdot 10^6 \approx 8.89 \cdot 10^9 \text{ Дж} \quad (8)$$

Сравнение энергоэффективности:

$$E_{\text{сравн}} = \frac{W_{\text{п}}}{W_{\text{и}}} \approx 1.51$$

Таким образом, индукционный метод эффективнее примерно на 51%.

Интеллектуальные системы управления и контроля и соответствующие оборудование для нагрева мазута позволяет значительно уменьшить энергопотребление и полностью исключить человеческий фактор из данного технологического процесса. Это исключает время простоя судов, риск аварии индукционного метода разогрева с солнечными панелями.

Автоматизированные системы управления и контроля при индукционном методе разогрева помогут сохранять конкурентоспособность и соответствовать требованиям новых экологических стандартов, транспортировка становится более безопасной, экономически выгодной и устойчивой. На рисунке 2 представлена интеллектуальная система управления для разогрева мазута, основанная на нечеткой логике.

Транспортировка нефти и нефтепродуктов на нефтерудовозах требует поддержания оптимальной температуры мазута для предотвращения его загустевания. Это особенно актуально при работе в условиях низких температур. Традиционно для нагрева мазута используются паровые системы и электрические подогреватели, которые обладают рядом

недостатков: высокими энергозатратами, значительными тепловыми потерями и сложностью эксплуатации. [3] Применение индукционных токов Фуко открывает новые возможности для повышения эффективности и экономичности нагрева. Этот метод позволяет передавать тепло непосредственно через стенки резервуара, минимизируя потери.

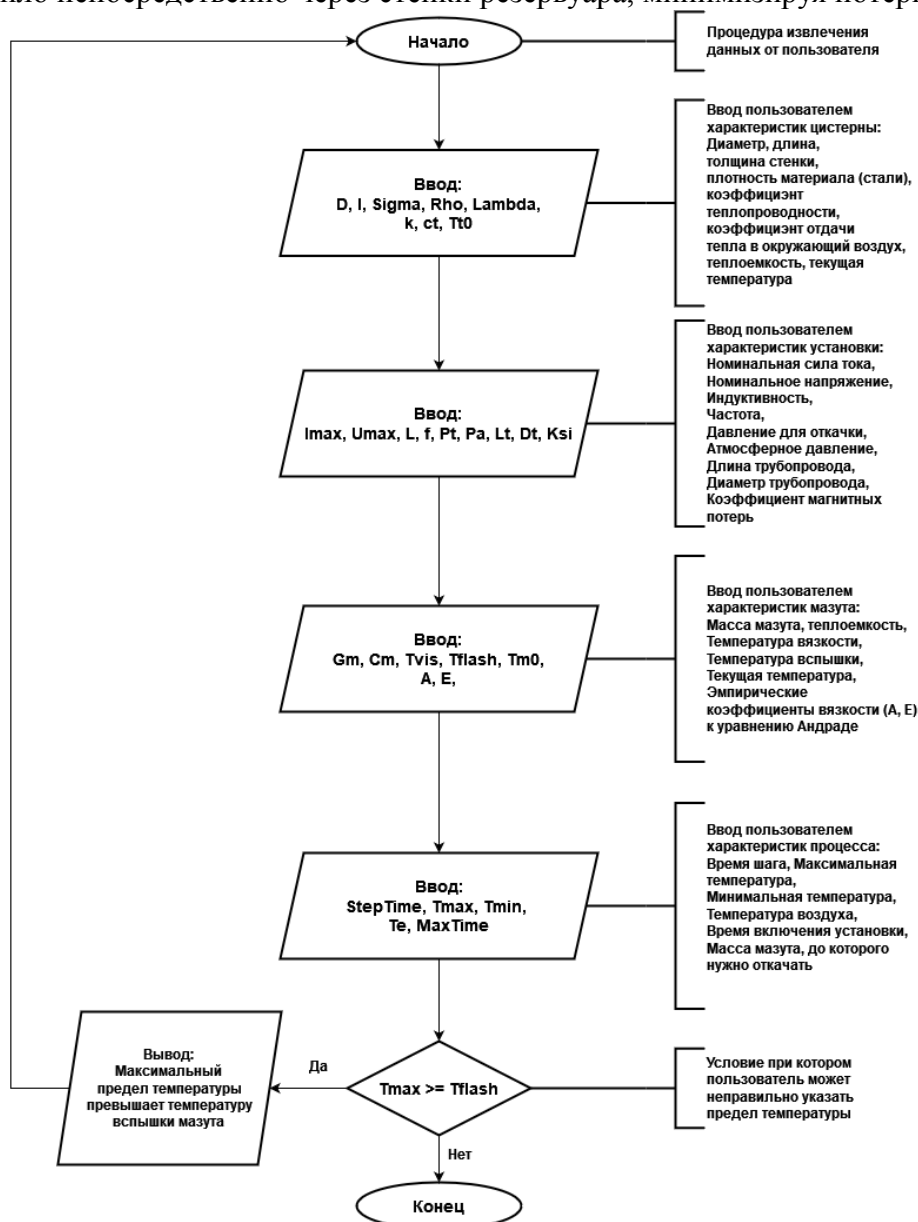


Рисунок 2 – Интеллектуальная система управления для разогрева мазута, основанная на нечеткой логике

Современные методы разгрузки топлива с использованием автоматизированных систем управления и контроля позволяют значительно сократить время выгрузки топлива. Оптимизация технологического процесса разгрузки и транспортировки нефтепродуктов помогает снижать трудозатраты, время простоя. Применение индукционных токов Фуко для нагрева мазута в танкерах позволяет значительно снизить энергопотребление за счёт уменьшения тепловых потерь. Экономия энергии и топлива достигает 20-30% при внедрении данной технологии.

Автоматизированные системы управления и контроля снижают риск человеческих ошибок и повышают безопасность при работе с опасными и легко воспламеняющимися

топливом. Компьютерный автоматический контроль уменьшает утечку, выбросы мазута и тем самым решает экономические вопросы. Разработанная математическая модель позволяет оптимизировать параметры системы и адаптировать её под конкретные условия эксплуатации.

Инновационные технологии и автоматизированные системы управления легко перестраиваются к любым погодным условиям, отслеживают и управляют технологическими процессами в реальном времени. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию конструкции индуктора и интеграцию системы с другими энергоэффективными технологиями.

Список литературы:

1. Об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности»: постановление правительства Рос. Федерации от 9 сентября 2023г. №1473 – С.14. – Прил.: Правительство Российской Федерации
2. Скрипко Л.П., Скрипко А.А., Энергоэффективность в технологическом процессе при транспортировке мазута. 68-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвящённая 30-летию со дня присвоения АТИРПиХ статуса технического университета, Астрахань, 27–31 мая 2024 года : материалы / Астраханский государственный технический университет. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2024. – 1 CD-ROM. – Систем. требования: Microsoft Windows XP и выше. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный
3. Скрипко А.А., Скрипко Л.П., Повышение качества и энергоэффективности при транспортировке углеводородного сырья. Информационные технологии и технические средства управления (ICST-2024) = International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICST-2024) : материалы VIII Междунар. научн. конфер., 1–5 октября 2024 г., Владикавказ
4. Петров А. П. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ОГРАНИЧЕНИЕ ВЫБРОСОВ СЕРЫ СУДОВЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ / Александр Павлович Петров, Григорий Евгеньевич Живлюк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. - 2019. - №1(53). - С. 130-145. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-130-145

УДК 629.12

ГЛАВНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА РЕЧНОГО СУДНА НА ОСНОВЕ ВИНТА РЕГУЛИРУЕМОГО ШАГА

Тимофеев Виталий Никифорович¹, доцент, д.т.н., заведующий кафедрой
электромеханических объектов водного транспорта

e-mail: timjofeev.vitaly2010@yandex.ru

Салахов Ильяс Рахимзянович¹, доцент, к.п.н., директор института

e-mail: vguvtkazan@yandex.ru

Грушина Жанна Юрьевна¹, преподаватель

e-mail: zhanna0773@mail.ru

¹Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Деватаева – Казанский филиал ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», г. Казань, Россия.

Аннотация. В статье предложена главная энергетическая установка речного судна с использованием паровой турбины и винта регулируемого шага. Основными элементами СЭУ являются дизель-генератор, тепловой насос, органический цикл Ренкина, винт регулируемого шага, монтажные и элементы автоматики.

Ключевые слова: Тепловой насос, органический цикл Ренкина, электрическая энергия, легкокипящее вещество, низкопотенциальная энергия, дизель-генератор, тепловая энергия, отработавшая энергия.

THE MAIN POWER PLANT OF A RIVER VESSEL BASED ON AN ADJUSTABLE PITCH SCREW

Timofeev Vitaly Nikiforovich¹, Associate Professor, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Department of Electromechanical Facilities of Water Transport

e-mail: timjofeev.vitaly2010@yandex.ru

Salakhov Ilyas Rahimzyanovich¹, Associate Professor, Candidate of Pedagogical Sciences, Director of the Institute

e-mail: vguvtkazan@yandex.ru

Grushina Zhanna Yurievna¹, teacher

e-mail: zhanna0773@mail.ru

¹Institute of Maritime and Inland Shipping named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyataev, Kazan, Russia

Annotation. The article proposes the main power plant of a river vessel using a steam turbine and an adjustable pitch screw. The main elements of the SEU are a diesel generator, a heat pump, an organic Rankine cycle, an adjustable pitch screw, mounting and automation elements.

Keywords: Heat pump, organic Rankine cycle, electric energy, low-boiling matter, low-potential energy, diesel generator, thermal energy, spent energy.

Несмотря на имеющиеся конструкции судовых энергетических установок (СЭУ) в статье предлагается новая конструкция главной энергетической установки для речного судна.

Основными элементами в главной энергетической установке являются паровая турбина и винт регулируемого шага (ВРШ). Паровая турбина может быть установлена непосредственно на гребном валу судна или передаваться через редукторную передачу.

Рабочим телом паровой турбины служит пар, полученный в органическом цикле Ренкина (ОЦР) от органической жидкости. Для обеспечения ОЦР тепловой энергией используется

- тепловой насос, работающий от высокотемпературного компрессора, где первичным источником тепловой энергии используется заборная вода;
- тепловая энергия отработанных газов дизель-генератора.

На рис. 1 представлена принципиальная схема главной энергетической установки, которая включает в себя дизель-генератор 1-2 (ДГ1-2); высокотемпературный двухступенчатый компрессор 3 (ВДК3); испаритель 4 ТН (И4ТН); конденсатор - теплообменник 5 ТН, ОЦР (КТ5ТНОЦР), испаритель 6 ОЦР (И6ОЦР); конденсатор 7 ОЦР (К7ОЦР), регенератор 8 ОЦР (Р8ОЦР); потребитель тепловой энергии 9 (ПТЭ9); выхлопной трубопровод 10; теплообменник 11; дополнительный теплообменник 12 (ДТ12); кран четырехходовой 13 (ЧК13); кран трехходовой 14 (КТ14); вентиль запорный 15 (В315); вентиль трехходовой электрический 16 (ВТЭ16); насосы электрические 17, 18, 19, 20 (НЭ17, НЭ18, НЭ19, НЭ20); ящик кингстонный 21; паровую турбину 22; редуктор 23; блок винта регулируемого шага 24 (БВРШ24), в котором представлен механизм изменения шага 25 (МИШ25), винт гребной 26 (ВГ26), вал гребной 27 (ВГ27); корпус переключателя 28; переключатель 29 ДГ1-2 (П29ДГ1-2); переключатель 30 ВДК3; блок питания 31 (БП31); выключатель 32; невозвратный клапан 33; каналы заборной воды; каналы низкокипящего вещества ТН; каналы термального масла; каналы низкокипящего вещества ОЦР; каналы электрической энергии; канал управления 76, пост управления 77, блок управления 78 (БУ78).

В замкнутом контуре теплового насоса (ТН) циркулирует низкокипящее вещество (НВ) и содержит ВДК3, канал 48, КТ5ТН ОЦР, канал 49, ЭН20, канал 50, И4ТН, канал 51. В И4ТН происходит теплообмен между НВ и заборной водой. КТ5ТН ОЦР служит для конденсации полученного пара НВ в ВДК3ТН и подогрева заборной воды до температуры 95°C, которая будет использоваться как теплоноситель в КТ5ТН ОЦР. Таким образом, КТ5ТНОЦР выполняет для ТН функцию конденсатора, а для ОЦР – функцию тепловой энергии. При выборе НВ необходимо учитывать ряд, предъявляемых к ним требований.

Низкотемпературное тепло в конечном итоге преобразуется в полезную работу, которая, в свою очередь в данной работе может быть преобразована в энергию для вращения судового гребного винта.

ОЦР представляет собой замкнутый цикл, в котором циркулирует низкокипящее вещество и содержит И6ОЦР, канал 55, ЭТВ16, канал 56, канал 57, турбину 22, канал 58, регенератор 8, канал 59, конденсатор 7, канал 60, ЭТВ19, канал 61, регенератор 8, канал 62 и цикл замыкается. В регенераторе 8 рабочее тело не достигает двухфазного состояния в конце расширения, его температура в этот момент выше, чем температура конденсации, поэтому температуру рабочего тела используем для предварительного нагрева жидкости перед тем, как она попадает в И6ОЦР.

Процесс ОЦР аналогичен основному циклу Ренкина, но вместо воды в низкотемпературном И6ОЦР в качестве промежуточной жидкости используется органическая жидкость. Рабочая температура составляет от 70°C до 300°C. Благодаря

физическим свойствам органической жидкости расширение насыщенного пара не приводит к зоне влажного пара, а остается в зоне перегретого пара. Для повышения эффективности между турбиной 22 и конденсатором 7 на схеме (рис.1) использован регенератор 8 для предварительного нагрева рабочего тела.

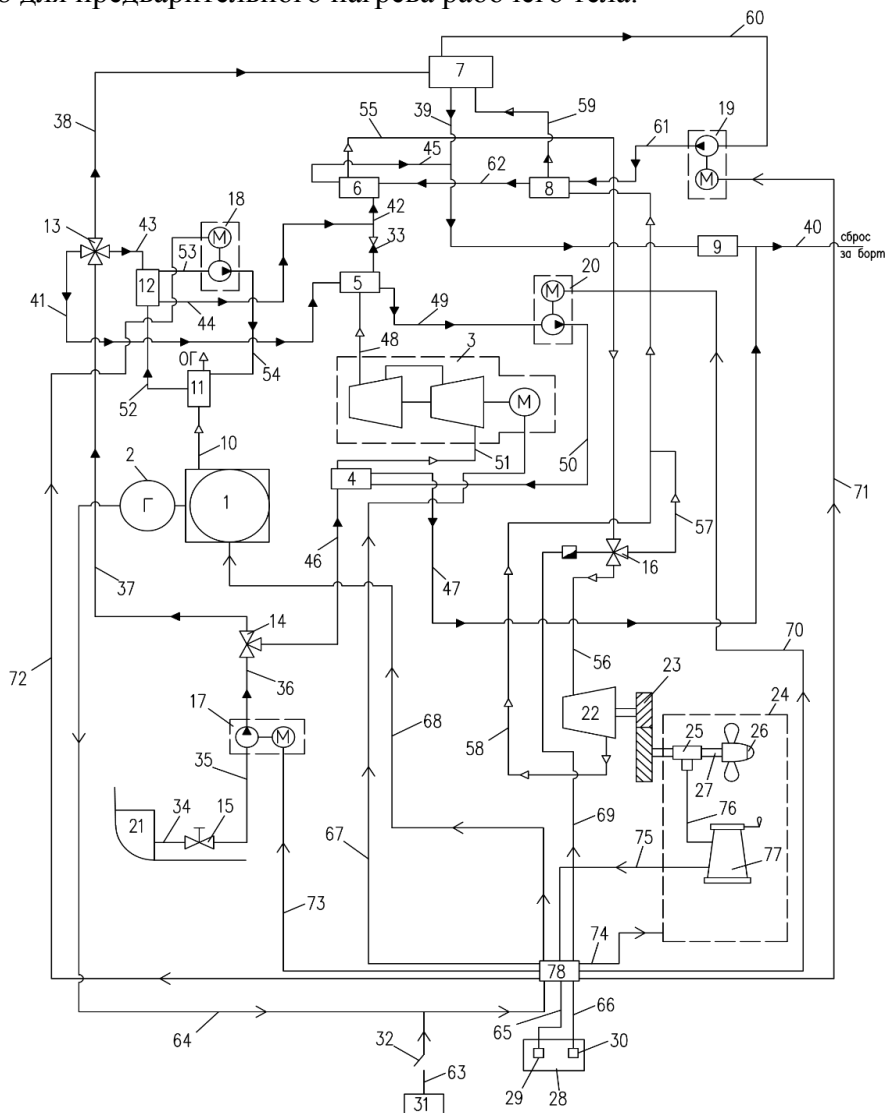


Рисунок 1 – Принципиальная схема главной энергетической установки речного судна:

1-2 – дизель-генератор (ДГ1-2); 3 - высокотемпературный двухступенчатый компрессор (ВДК3); 4 - испаритель теплового насоса (И4ТН); 5 - конденсатор - теплообменник ТН, ОЦР (КТ5ТНОЦР), 6 - испаритель ОЦР (И6ОЦР); 7 - конденсатор ОЦР (К7ОЦР), 8 - регенератор ОЦР (Р8ОЦР); 9 - потребитель тепловой энергии (ПТЭ9); 10 - выпускной трубопровод; 11 - теплообменник; 12 - дополнительный теплообменник (ДТ12); 13 - кран четырехходовой (ЧК13); 14 - кран трехходовой (КТ14); 15 - вентиль запорный (В315); 16 - вентиль трехходовой электрический (ВТЭ16); 17, 18, 19, 20 - насосы электрические (НЭ17, НЭ18, НЭ19, НЭ20); 21 - ящик кингстонный; 22 - паровая турбина; 23 - редуктор; 24 - блок винта регулируемого шага (БВРШ24); 25 - механизм изменения шага (МИШ25), винт гребной 26 (ВГ26), вал гребной 27 (ВГ27); 28 - корпус переключателя; 29 - переключатель ДГ1-2 (П29ДГ1-2); 30 - переключатель ВДК3; 31 - блок питания (БП31); 32 - выключатель; 33 - невозвратный клапан; 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 - каналы забортной воды; 48, 49, 50, 51 - каналы низкокипящего вещества ТН; 52, 53, 54 - каналы термального масла; 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62 - каналы низкокипящего вещества ОЦР; 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74 - каналы электрической энергии; 75 канал управления 75, пост управления 76, блок управления 77 (БУ77)

Замкнутый контур ОЦР заправляется низкокипящим веществом (НВ). Выбор рабочей жидкости имеет ключевое значение в низкотемпературных циклах Ренкина.

Турбина 22 связана через редуктор 23 с гребным валом 27, на котором установлен винт регулируемого шага 26 (ВРШ26).

ВРШ26 расположен в блоке БВРШ24, основными элементами которого являются механизм изменения шага 25, винт регулируемого шага 26, гребной вал 27, канал управления 76, пост управления 77.

У ВРШ26 лопасти могут изменять величину своего шага по ходу судна от положения, соответствующего полному переднему ходу (положительный упор винта), до положения, отвечающему заднему ходу (отрицательный упор). Турбина 22 с редуктором 23 все время вращается в одном направлении. Благодаря такой конструкции обеспечивается эффективность работы СЭУ,

В работе также предусмотрен дизель-генератор 1-2, электроэнергия служит для запуска ВДКЗ ТН и обслуживания судовых потребителей. Кроме того, для повышения мощности ОЦР используется тепловая энергия отработавших газов ДГ 1-2.

На выхлопном трубопроводе 10 ДГ1-2 предусмотрен теплообменник 11, а за пределами - дополнительный теплообменник 12, по которым циркулирует термальное масло и создает замкнутый контур: теплообменник 11, канал 52, дополнительный теплообменник 12, канал 53, ЭН18, канал 54. Одновременно в теплообменник 12 по каналу 43 поступает забортная вода, где в результате теплообмена с термальным маслом повышается температура забортной воды и в виде теплоносителя по каналу 44 подается в канал 42, где происходит смешение с теплоносителем, выходящим из КТ5ТН и подогретый поток теплоносителя подается в испаритель И6ОЦР.

Для повышения мощности установки следует увеличить массовый расход органической жидкости, что приводит к увеличению мощности потребляемой насосом.

Для определения мощности может быть использовано приведенное выражение, которое использовано из источника [3]:

$$P_{\text{и}} = D_{\text{р.т}}[(h_1 - h_2) - L_{\text{н}}],$$

где $D_{\text{р.т}}$ - расход рабочего тела, кг/с; h_1 - энтальпия пара на входе в турбину, кДж/кг; h_2 — энтальпия пара на выходе из турбины, кДж/кг; $L_{\text{н}}$ - работа насоса, кДж/кг.

Главная энергетическая установка речного судна работает следующим образом.

Открывается запорный клапан 15. Включается выключатель 32, при этом блок питания 31 по каналам 63, 64 подает электроэнергию в БУ78. Нажатием на переключатели 29, 30 запускаются ДГ1-2, ТН, при этом ДГ1-2 начинает вырабатывать электрическую энергию, которая подается по каналу 64 в БУ78; подачей по каналу 67 электроэнергии начинает работать ВДКЗ; БУ78 подачей электроэнергии приводит в рабочее положение ЭН17, ЭН18, ЭН19, ЭН20, ЭТВ16. Забортная вода из кингстонного ящика 21 через канал 34, запорный клапан 15, канал 35, ЭН17, канал 36, третий патрубок ТК14, канал 46, И4ТН, канал 47, канал 40, сливается за борт; через второй патрубок ТК14, второй патрубок 4ХК13, канал 41, КТ5ТН ОЦР, канал 42; третий патрубок 4ХК13, канал 38, К7ОЦР, канал 39; четвертый патрубок ХК13, канал 43, ДТ12, канал 44, канал 42, где смешивается с потоком теплоносителя, выходящим из КТ5ТНОЦР, далее И6ОЦР, канал 45, канал 39, где смешивается с теплоносителем, выходящим из К7ОЦР, далее ПТЭ9, канал 40, далее сливается за борт.

Одновременно по каналу 48 из ВДКЗ в КТ5ТН ОЦР по каналу 48 поступает пар НВ с температурой 95-110 °С, где в результате теплообмена пар НВ превращается в жидкость и через канал 49, ЭН20, канал 50, И4ТН, где в результате теплообмена с забортной водой НВ превращается в пар, который по каналу 51 вновь поступает в ВДКЗ.

В КТ5ТНОЦР в результате теплообмена пара, поступающего по каналу 48 и забортной воды, поступающей по каналу 41 в результате теплообмена НВ превращается в жидкость, а забортная вода повышает свою температуру до 95°C и в виде теплоносителя поступает в канал 42, затем проходит невозвратный клапан 33.

Начинается работа ОЦР. ДГ1-2 выходит на рабочий режим, выхлопной трубопровод 10 займет рабочее положение, ЭН18 по каналу 54 подает термальное масло в теплообменник 11, где в результате теплообмена с отработавшими газами происходит его повышение температуры и по каналу 52 подается в дополнительный теплообменник 12, куда одновременно по каналу 43 подается забортная вода, которая в результате теплообмена с термальным маслом повышает свою температуру и в виде теплоносителя с высокой температурой по каналу 44 подает в канал 42, а термальное масло по каналу 54 возвращается обратно в теплообменник 11 и цикл повторяется.

В канале 42 происходит смешивание теплоносителя, поступающего из И5ТНОЦР с теплоносителем, поступающим по каналу 44 из дополнительного теплообменника 12, в результате чего образуется теплоноситель с повышенной температурой, который поступает в И6ОЦР.

Одновременно ЭН19 передает энергию сжатия через регенератор 8 при неизменной энтропии рабочее тело в И6ОЦР, где в происходит парообразование; далее полученный пар поступает в турбину 22, который преобразует механическую работу в энергию движения.

Поскольку турбомашин, работающая на базе ОЦР, является тепловой машиной, ее эффективность определяется разностью температур теплового и холодного контуров. При более высоких температурах в зависимости от размера машины КПД может достигать 16% и выше. которая приводится в рабочее положение.

Таким образом, предложенное устройство позволяет создать главную энергетическую установку на основе органического цикла Ренкина близкого к классической схеме парового цикла, но работает в меньшем диапазоне температур, обладает низкой частотой вращения, позволяющей применить прямой привод гребного винта, обладает простотой обслуживания, уменьшает износ её лопастей, что способствует длительному сроку службы. Предложенная главная энергетическая установка может быть использована на маломерных судах.

Список литературы:

1. Павленко И.В., Никитенко В.А., Авдеев Б.А. // Образование, наука и молодежь – 2018: Сборник трудов по материалам научно-практических конференций ФГБОУ ВО «КГМТУ» 2018г. – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2018. – С. 156-160».\
2. Патент № 214993 МПК. Устройство энергетической установки речного трамвая с электродвижением/Тимофеев В.Н., Салахов И.Р., Харисова Н.Р., Кутепова Л.М., Каюмова Г.Г., Юнусова А.Р, Тимербулатова И.Р., Гиззатов А.А. . /Опубл. 23.11.2022. Бюл. № .33.
3. Григорьев В.А., Зорин В.М. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. под общ. ред. чл.-корр. АН СССР В.А. Григорьева, В.М. Зорина. 2-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 1988. 560 с.

УДК 656.61

ФОРМИРОВАНИЕ ИНОЯЗЫЧНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛИТЕТА ПЛАВАТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Харисова Нурания Ринатовна¹, к.ф.н., доцент

e-mail: nur.har@mail.ru

Игнатьева Маргарита Эдуардовна¹, к.ф.н., доцент

e-mail: margoig62@gmail.com

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – КФ ФГБОУ ВО «ВГУВТ», г. Казань

Аннотация. В статье рассматривается проблема формирования коммуникативных умений современных судоводителей и судомехаников на примере практического опыта педагогических работников Института морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанского филиала Волжского государственного университета водного транспорта. Авторами статьи приводится практический опыт моделирования и интегрирования образовательной среды при построении иноязычной коммуникативной компетенции.

Ключевые слова: практические навыки, практическая подготовка студентов, профессионально-коммуникативная компетенция, профессиональный английский язык, круизные компании, системно-деятельностный подход.

DEVELOPING FOREIGN LANGUAGE PROFESSIONAL COMMUNICATIVE COMPETENCE FOR THE SPECIALIST DEGREE STUDENTS SPECIALIZING IN ONBOARD MARITIME POSITIONS

Kharisova Nuraniya Rinatovna¹, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor

e-mail: nur.har@mail.ru

Ignatyeva Margarita Eduardovna¹, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor

e-mail: margoig62@gmail.com

¹Institute of Maritime and Inland Shipping named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyataev – Kazan Branch of the Federal State Financed Educational Institution of Higher Professional Education «Volga State University of Water Transport»

Abstract. The article considers the problem of formation of communication skills of modern navigators and ship engineers on the example of practical experience of pedagogical staff of the Institute of Maritime and Inland Shipping named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyataev – Kazan Branch of the Federal State Financed Educational Institution of Higher Professional Education “Volga State University of Water Transport”. The authors of the article provide practical experience of modeling and integration of educational environment in the construction of foreign language communicative competence.

Keywords: practical skills, ship training of students, professional-communicative competence, professional English language, crewing companies, system-active approach.

Важнейшим элементом подготовки квалифицированного специалиста водного транспорта является обучение практическим навыкам овладения будущей специальности. Учебные и производственные (плавательные, судоремонтные, технологические) практики студентов высшего образования по основным образовательным программам/специализации плавательных специальностей являются основными этапами подготовки будущего специалиста, они обеспечивают практическое закрепление теоретических знаний, способствуют формированию профессиональных компетенций и практического опыта в сфере будущей профессиональной деятельности.

В соответствии с п. 7 Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» практическая подготовка обучающихся может быть организована:

- 1) непосредственно в образовательной организации;
- 2) в профильной организации, осуществляющей деятельность по профилю соответствующей образовательной программы, на основании договора, заключаемого между профильной организацией и образовательной организацией [10].

Согласно федеральным государственным образовательным стандартам специалитета по специальностям 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок, 26.05.05 Судовождение и 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики основные образовательные программы/специализации предполагают подготовку специалистов в области эксплуатации морского и речного транспорта, в том числе технического флота, судов освоения шельфа и плавучих буровых установок, и управление ими как подвижными объектами с учетом требований Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (далее – Конвенция ПДНВ). Кроме того, в Конвенции ПДНВ закреплены требования к знаниям английского языка для моряков.

Сегодня специалисты технических профессий со знанием английского языка, особенно морских специальностей, по-прежнему востребованы на рынке труда. Более того, в нашем случае хорошее знание английского языка является обязательным и входит в квалификационные характеристики профессий. Крюинговые компании при приеме на работу отдают предпочтение тем, кто владеет общим и специальным морским английским языком, что особенно важно для обеспечения безопасной практики при эксплуатации судов. Специалисты отмечают, что неспособность профессионально общаться на английском языке приводит к высокому уровню стресса на борту судна, «поэтому языковой фактор во много раз превышает по своей важности техническую компетентность моряка».

Следовательно, формирование иноязычной профессионально-коммуникативной компетенции студентов специалитета плавательных специальностей является одним из ключевых вопросов при реализации обучения будущих специалистов водного транспорта, особенно моряков. То есть для профессиональной подготовки специалистов водного транспорта для работы на морском судне особую роль играет знание английского языка. Без знания английского языка практически невозможно устроиться на судно, которое ходит по разным странам или под флагом другого государства. Обычно моряки проходят устные собеседования и/или тесты на знание английского языка, которые предлагаются судоходными/крюинговыми компаниями до заключения контракта.

Английский язык является международным языком в сфере морского флота, на котором члены экипажа не только могут общаться и понимать друг друга, но его знание жизненно необходимо по многим причинам: безопасность экипажа, эффективность ежедневных задач и целостность судна.



Таким образом, актуальность данного вопроса определяется тем, что законодательство международного уровня подчеркивает особую важность владения английским языком в отношении безопасности на море. Умением студента является готовность к коммуникации в устной и письменной формах на иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности и владение английским языком в объеме, необходимом для выполнения своих профессиональных обязанностей. Целью данной статьи является исследование основных аспектов формирования готовности к межкультурному и профессиональному общению на английском языке у будущих судоводителей в вузе. Предложены активные методы межкультурного обучения для формирования готовности к иноязычному общению для решения задач профессиональной деятельности. Сделан вывод, что данные формы обучения необходимы для повышения уровня сформированности коммуникативных умений у будущих судоводителей.

Несмотря на то, что английский язык изучается в течение всего процесса обучения студентов, формирование иноязычной профессиональной компетенции только в рамках аудиторных часов, отведенного на изучение английского языка, не всегда дает нужного результата. Более того, технический английский язык можно «отшлифовать» только находясь на морском судне, где члены экипажа между собой общаются на английском языке и называют все механизмы судна тоже на английском языке. В основном, студенты вузов практическую подготовку в части плавательной практики проходят на российских морских судах, члены экипажа являются русскоязычными, таким образом, применение английского языка в период прохождения плавательной практики, в том числе технического/делового практически полностью отсутствует. Следовательно, вся нагрузка по обучению английскому языку приходится на преподавателей иностранного языка, учитывая также тот факт, что такие профилирующие дисциплины как «Навигация и логика», «Электронные картографические навигационные информационные системы», «Предотвращение столкновений судов», «Технические средства судовождения», «Мореходная астрономия» и другие специальные дисциплины ведутся только на русском языке.

Для эффективной работы на любой должности моряк должен иметь не только базовые знания английского языка, но также знания специализированной лексики, которая употребляется на борту каждый день для установления контактов между судами в целях повышения безопасности мореплавания; для стандартизации словаря, применяемого для связи при плавании в море, на подходах к портам, на фарватерах и акваториях портов.

Как же можно добиться результата при формировании иноязычной профессионально-коммуникативной компетенции студентов специалитета плавательных специальностей, с учетом того, что международный профессиональный язык моряков практически не используется на российских морских судах, а аудиторные занятия сужаются только на одной дисциплине, то есть в рамках изучения иностранного языка?

Приведем несколько примеров из опыта работы преподавателей Института морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанского филиала Волжского государственного университета водного транспорта. Эти примеры показывают, как мы стараемся усилить работу по формированию такой ключевой компетенции как иноязычная коммуникативная.

Одной из главных задач вуза является формирование иноязычной профессионально-коммуникативной компетенции студентов плавательных специальностей, то есть согласно федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования – специалитет 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок, специалитет 26.05.05 Судовождение, специалитет 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики, выпускники должны быть готовы к обмену

- катастрофическая нехватка часов на иностранный язык в учебном плане (то количество часов, которое есть неадекватно поставленным целям по овладению профессиональным иностранным языком);
- уровень исходных знаний студентов первого курса настолько разный, что преподавателю необходимо тратить слишком много «драгоценного» времени на то, чтобы хоть как-то выровнять эти знания;
- нет времени на изучение General English (общего английского), необходимо сразу приступать к формированию иноязычной профессионально-коммуникативной компетенции, то есть в какой-то мере нам надо создавать условия для организации интенсивного курса профессионального английского языка и здесь встает вопрос: как это сделать?

Включение вопросов на английском языке при презентации отчета по учебной и производственной практике, которая ежегодно проходит в форме практической конференции – это один из путей формирования иноязычной профессиональной компетенции. Студенту задаются вопросы, касающиеся его работы во время практики, а также вопросы по темам, которые изучаются на занятиях по английскому языку, и он должен дать ответ, используя свои знания английского языка. Это не всегда просто, но как показывает практика, это является мощной мотивацией (никому не хочется выглядеть «бледно» перед комиссией и другими студентами), а также такая конференция является прекрасной площадкой для практики профессионального языка.

Другим, на наш взгляд, возможным путем интенсивности изучения морского английского языка, мог бы стать процесс интеграции английского языка со специальными предметами, такими как «Введение в специальность», «Навигация и лоция», «Предотвращение столкновений судов», «Технические средства судовождения», «Мореходная астрономия» и другие.

Динамичный и сложный характер деятельности специалистов, работающих в сфере морского и речного транспорта, обуславливают объективную потребность в совершенствовании системы профессиональной подготовки, и принцип интеграции предметов является одним из условий успешного обучения студентов. Это сложный процесс, требующий от преподавателей глубоких теоретических и практических знаний, умения взаимодействовать. Он не должен стать самоцелью, но должен быть построен исключительно исходя из необходимости оптимизации и совершенствования учебного процесса.

Первым шагом в этом направлении является работа по созданию курса «Введение в специальность» на английском языке. Это позволяет студентам уже с первых дней обучения в вузе осваивать лексику, связанную с профессиональной деятельностью, с законодательством в сфере образования и водного транспорта. Фактически это позволяет построить содержание предмета средствами иностранного языка, тем самым, в сочетании

с большим количеством тренировочных и творческих заданий, запускается процесс формирования иноязычной профессионально-коммуникативной компетенции.

Рабочая программа предмета «Морской английский язык» на старших курсах включает в себя большое количество тем, связанных с навигацией и логикой. Будет логично сразу строить часть предмета «Навигация и логика» на английском языке, что позволит ввести профессиональную лексику и понимание сути предмета как можно раньше и, следовательно, поможет формировать у студентов целостное профессиональное мировоззрение и развивать профессионально-коммуникативную компетенцию.

Необходимо также развивать у студентов навыки самостоятельной работы по совершенствованию знаний профессионального английского языка. С нашей точки зрения, намного больший интерес будет вызывать какая-то дополнительная профессиональная информация по предмету, нежели только материалы учебника. В этом плане интересен опыт сотрудничества преподавателей нашего института и головного вуза по переводу монографий группы авторов О.Е. Андрусенко, С.Е. Андрусенко, С.О. Барышникова, Ю.И. Матвеева [1; 2]. Талант авторов заключается в том, что они смогли изложить в увлекательной форме интереснейшие факты истории, используя при этом «живой» технический язык. Задача переводчиков состояла в том, чтобы сохранить эту «живость» профессионального языка и вызвать интерес к прочтению и изучению у студентов.

В заключении хотим отметить, что мы абсолютно убеждены, что построение образовательного процесса в вузе на принципах интеграции специальных предметов позволит объединить отрывочные знания в целостную картину, а также раскрыть и реализовать личностный потенциал студентов. Специфическая образовательная среда по обучению английскому морскому языку будущих моряков дает широкое использование в организации учебного процесса различных технологий, видов и форм аудиторных занятий, интеграцию и взаимосвязь изучаемых дисциплин. Авторы статьи надеются, что применение различных форм языковой подготовки будут значительно повышать качество усвоения языкового материала и его действенность в речи. Это позволяет формировать судоводителя как социально-профессиональную личность, которая будет способна к продуктивному владению иностранным языком как средством решения профессиональных задач в поликультурной среде.

Список литературы:

1. Андрусенко О.Е. История создания двигателя внутреннего сгорания. Поиск движущей силы / О.Е. Андрусенко, С.Е. Андрусенко, С.О. Барышников, Ю.И. Матвеев – Н. Новгород: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – 326 с.
2. Андрусенко О.Е. История создания двигателя внутреннего сгорания. Поиск универсального теплового двигателя / О.Е. Андрусенко, С.Е. Андрусенко, С.О. Барышников, Ю.И. Матвеев – Н. Новгород: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – 316 с.
3. Божко Ю.И., Горбунова Н.В. Формирование иноязычной профессионально-коммуникативной компетентности будущих морских судоводителей // Проблемы современного педагогического образования, 2021. № 73-1.
4. Приказ Минобрнауки РФ № 885, Минпросвещения РФ № 390 от 05.08.2020 «О практической подготовке обучающихся».
5. Приказ Министерства транспорта РФ «Об утверждении Положения о дипломировании членов экипажей судов внутреннего водного транспорта» от 12 марта 2018 г. № 87.

6. Приказ Минтранса России (Министерство транспорта РФ) «Об утверждении Положения о дипломировании членов экипажей морских судов» от 08 ноября 2021 г. № 378.

7. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 15 марта 2018 г. № 191 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитета по специальности 26.05.05 Судовождение».

8. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 15 марта 2018 г. № 192 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитета по специальности 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок».

9. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 15 марта 2018 г. № 193 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитета по специальности 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики».

10. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ.

11. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года, заключенная в г. Лондоне 7 июля 1978 г.

УДК 656.6

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ И СУДОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Андреев Константин Геннадиевич¹, доцент кафедры специальных технических дисциплин

e-mail: akg63@mail.ru

Гилёв Олег Дмитриевич¹, Студент

e-mail: oleg_2676@mail.ru

¹ Омский институт водного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», Омск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается тема модернизации производственных мощностей судостроительных и судоремонтных предприятий. Автор анализирует основные аспекты модернизации, включая автоматизацию, цифровизацию, экологические стандарты, обучение персонала и сотрудничество с научными учреждениями. Описываются преимущества модернизации, такие как повышение эффективности, улучшение качества продукции, снижение рисков и соответствие стандартам. Также обсуждаются вызовы и перспективы развития отрасли, включая высокие затраты, сложность интеграции новых технологий, сопротивление изменениям со стороны сотрудников и зависимость от поставщиков. Статья представляет интерес для специалистов в области судостроения и судоремонта, а также для всех, кто интересуется развитием этой отрасли.

Ключевые слова: модернизация, эффективность, риски, инновации, качество.

MODERNIZATION OF PRODUCTION CAPACITIES OF SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR ENTERPRISES

Andreev Konstantin Gennadievich¹, Associate Professor of the Department of special technical disciplines

e-mail: akg63@mail.ru

Gilev Oleg Dmitrievich¹, Student

e-mail: oleg_2676@mail.ru

¹ Omsk Institute of Water Transport - branch of FGBOU VO 'Siberian State University of Water Transport», Omsk, Russia

Annotation. The article deals with the topic of modernization of production capacities of shipbuilding and ship repair enterprises. The author analyzes the main aspects of modernization, including automation, digitalization, environmental standards, staff training and cooperation with scientific institutions. The advantages of modernization are described, such as increased efficiency, improved product quality, reduced risks and compliance with standards. The challenges and prospects for the development of the industry are also discussed, including high costs, the difficulty of integrating new technologies, resistance to change on the part of employees and dependence on suppliers. The article is of interest to specialists in the field of shipbuilding and ship repair, as well as to anyone interested in the development of this industry.

Keywords: modernization, efficiency, risks, innovation, quality.

В условиях постоянного развития технологий и повышения требований к эффективности и безопасности судоходства модернизация производственных мощностей становится ключевым фактором успеха для судостроительных и судоремонтных предприятий. В этой статье мы рассмотрим основные аспекты модернизации, её преимущества и вызовы, а также перспективы развития отрасли.

Модернизация включает в себя ряд мероприятий, направленных на обновление и улучшение производственных процессов, оборудования и технологий. К основным аспектам модернизации можно отнести внедрение автоматизированных систем и роботов, что позволяет повысить производительность, точность и качество работ, а также снизить риски ошибок и аварий. Вместе с чем широкое распространение получило использование цифровых инструментов и платформ для управления производством, проектирования и моделирования судов, а также для анализа данных и принятия решений [1].

Автоматизация и цифровизация позволяют сократить время и затраты на производство и ремонт судов. Это достигается за счёт оптимизации производственных процессов, сокращения времени на разработку и производство новых моделей судов, а также снижения затрат на материалы и энергию.

Соблюдение экологических норм и стандартов, внедрение экологически чистых технологий и материалов, является немаловажным приоритетом развития производств, это не только способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду, но и повышает репутацию предприятия среди клиентов и партнёров.

Для устранения кадрового голода, предприятия все чаще идут на меры повышения компетенции своих сотрудников, путём обучения новым навыкам, необходимым для работы с современными технологиями. Обучение персонала является важным условием успешной модернизации и адаптации к изменениям в отрасли [2].

Сотрудничество с научными и образовательными учреждениями, необходимо для ориентированности молодых специалистов в выборе отрасли и места работы, а сотрудничество с научными кругами способствует развитию новых технологий и повышению конкурентоспособности предприятия. Внедрение новых технологий стимулирует появление новых идей и решений, которые могут быть использованы для создания более эффективных и безопасных судов [3].

Модернизация производства достаточно многогранный вопрос, поскольку производство включает в себя множество аспектов в виде обучения персонала, обновления оборудования и многое другое, все это приводит к улучшению качества производства, поскольку современные технологии обеспечивают более высокое качество продукции и услуг. Благодаря автоматизации и роботизации снижается риск ошибок и дефектов, что повышает качество продукции.

Автоматизированные системы и роботы снижают риски ошибок, аварий и травм на производстве. Это способствует созданию более безопасных условий труда и снижению вероятности возникновения аварийных ситуаций [1].

Соблюдение экологических и других стандартов обеспечивает безопасность и надёжность судов. Соблюдение международных стандартов и норм способствует повышению доверия со стороны клиентов и партнёров.

Технологии, которые внедряются на судостроительных и судоремонтных предприятиях:

3D-печать. Эта технология позволяет создавать сложные детали и компоненты с высокой точностью и минимальными отходами. Она уже используется для создания прототипов, инструментов и запасных частей для судов.

Роботизация и автоматизация. Роботы и автоматизированные системы могут выполнять рутинные и опасные задачи, такие как сварка, резка и покраска. Это повышает производительность, точность и безопасность работ.

Цифровое моделирование и проектирование. Цифровые инструменты позволяют проектировать и моделировать суда в трёхмерном пространстве. Это ускоряет процесс разработки, улучшает координацию между различными подразделениями предприятия и снижает риски ошибок.

Интеллектуальные системы управления. Эти системы используют алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для оптимизации производственных процессов, анализа данных и принятия решений. Они помогают повысить эффективность, снизить затраты и улучшить качество продукции.

Экологически чистые технологии. Внедрение экологически чистых материалов и технологий помогает снизить негативное воздействие на окружающую среду. Например, использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и ветряные турбины, может уменьшить выбросы углекислого газа.

Системы мониторинга и контроля качества. Эти системы обеспечивают постоянный контроль за качеством продукции и производственными процессами. Они включают в себя датчики, камеры и программное обеспечение для анализа данных.

Облачные технологии. Облачные платформы предоставляют доступ к вычислительным ресурсам и приложениям через интернет. Они позволяют предприятиям масштабировать свои операции, улучшать сотрудничество и повышать безопасность данных[4].

Тем не менее модернизация также сопряжена с рядом вызовов и проблем, таких как:

– Высокие затраты. Внедрение новых технологий требует значительных инвестиций. Это может стать серьезным препятствием для небольших и средних предприятий, которые не имеют достаточных финансовых ресурсов для проведения модернизации.

– Сложность интеграции. Интеграция новых технологий с существующими системами может быть сложной задачей. Это требует тщательного планирования и координации между различными отделами предприятия.

– Сопротивление изменениям. Сотрудники могут сопротивляться изменениям, связанным с модернизацией. Это связано с опасениями по поводу потери рабочих мест, необходимости переобучения и адаптации к новым технологиям.

– Зависимость от поставщиков. Зависимость от поставщиков оборудования и технологий может создавать риски. Поставщики могут столкнуться с проблемами поставок или повышения цен, что может повлиять на сроки и стоимость модернизации.[5]

Перспективы развития судостроительной и судоремонтной отрасли связаны с дальнейшим развитием и внедрением новых технологий, повышением эффективности и качества работ, а также с соблюдением экологических стандартов и требований безопасности. Для успешной реализации этих перспектив необходимо решить существующие вызовы и проблемы, связанные с модернизацией производственных мощностей.

Таким образом, модернизация производственных мощностей является важным фактором развития судостроительной и судоремонтной отрасли. Она позволяет повысить эффективность, улучшить качество, снизить риски и обеспечить соответствие стандартам. Однако для успешной модернизации необходимо учитывать вызовы и проблемы, связанные с внедрением новых технологий. Решение этих проблем требует совместных усилий государства, бизнеса и научного сообщества.

Список литературы:

1. Афонин А. М., Царегородцев А. В., Петрова А. М. Теоретические основы разработки и моделирования систем автоматизации технологических процессов судостроительных производств. — М.: Университетская книга, 2004.
2. Борисова Л. Ф., Гершанок Г. А., Пестриков С. А. Инновационные технологии в судостроении и судоремонте. — СПб.: Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 2021.
3. Барабанов В. Л., Гаврилюк О. Б., Куликов Г. Г. Судостроение России: основные направления развития // Морской вестник. — 2019. — № 3 (71).
4. Горин Е. А., Кириченко А. А., Пашин В. М. Современное состояние и перспективы развития судостроительной промышленности России // Судостроение. — 2018. — № 5.
5. Лебедев Г. В., Лукьянов В. А., Попов В. В. Подготовка кадров для судостроительной отрасли. — Калининград: Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота, 2023.



УДК 629.128

РАЗВИТИЕ ОМСКОГО СУДОРЕМОНТНОГО ЗАВОДА

Андреев Константин Геннадиевич¹, доцент кафедры специальных технических дисциплин

e-mail: akg63@mail.ru

Шик Глеб Дмитриевич¹, студент

e-mail: hikgleb@mail.com

¹ Омский институт водного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», Омск, Россия

Аннотация. Омский судоремонтно-судостроительный завод — это предприятие широкого профиля, которое занимается строительством, техническим обслуживанием и ремонтом судов и двигателей, а также модернизацией и переоборудованием судов. Завод был создан на базе кустарных мастерских в затоне «Загородная роща» в феврале 1920 года

Ключевые слова: судоремонтный, завод, Омск, развитие,

DEVELOPMENT OF OMSK SHIPYARD

Andreev Konstantin Gennadievich¹, Associate Professor of the Department of special technical disciplines

e-mail: akg63@mail.ru

Shik Gleb Dmitrievich¹, Student

e-mail: hikgleb@mail.com

¹ Omsk Institute of Water Transport - branch of FGBOU VO 'Siberian State University of Water Transport», Omsk, Russia

Annotation. Omsk ship repair and shipbuilding plant -is an enterprise of a wide profile, which is engaged in construction, maintenance and repair of ships and engines, as well as modernization and re-equipment of vessels. The plant was established on the basis of artisanal workshops in the Zagorodnaya roshcha' in February 1920.

Keywords: ship repair, plant, Omsk, development,

Развитие Омского судоремонтного завода стало важным этапом не только для региона, но и для всей Российской Федерации. Завод, основанный в середине XX века, благодаря своим мощностям и высоким стандартам качества, стал ключевым игроком в сфере судоремонта. В последние годы, в условиях усиления экономической конкуренции, предприятие претерпело значительные изменения.

Современные технологии и инновационные методы управления производственными процессами позволили значительно улучшить эффективность работы. Со внедрением новых субподрядчиков и расширением ассортимента ремонтируемых судов, завод укрепил свои позиции на рынке. Акцент на экологичность и безопасность процессов стал приоритетом, что не только соответствовало современным стандартам, но и повысило имидж предприятия.

Кроме того, Омский судоремонтный завод активно сотрудничает с университетами и научными учреждениями, привлекая молодых специалистов и внедряя их идеи. Такое взаимодействие не только способствует научным исследованиям, но и формирует новое поколение профессионалов, что в свою очередь, обеспечивает устойчивое развитие завода на долгосрочную перспективу.[1]

Важной частью стратегии завода стало развитие партнерских отношений с ведущими мировыми компаниями в сфере судостроения и ремонта. Это сотрудничество не только открывает новые рынки, но и способствует внедрению передовых технологий и лучших практик управления, что делает Омский судоремонтный завод конкурентоспособным на международной арене. Участие в международных выставках и форумах позволяет коллективу завода обмениваться опытом и находить новые возможности для роста.

Омский судоремонтный завод также уделяет большое внимание социальной ответственности. В рамках своих программ предприятие активно инвестирует в развитие инфраструктуры региона, поддерживает местные инициативы и способствует созданию новых рабочих мест. Это создает положительный имидж и укрепляет доверие со стороны местных жителей и партнеров.[2]

Важным аспектом стратегии Омского судоремонтного завода является внимание к экологической устойчивости. Завод активно внедряет зеленые технологии и стремится минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Использование современных фильтрационных систем и методов утилизации отходов позволяет сократить выбросы и повысить эффективность производственных процессов. Эти меры не только соответствуют международным стандартам, но и демонстрируют приверженность завода к заботе о будущем планеты.

Кроме того, завод активно развивает образовательные программы, сотрудничая с учебными заведениями и научными учреждениями. Создание стажировок и научных проектов способствует подготовке квалифицированных специалистов и поддержанию кадрового потенциала в отрасли. Таким образом, Омский судоремонтный завод не только обеспечивает собственные потребности в кадрах, но и вносит вклад в развитие образования в регионе.

Совершенствование производственных процессов и внедрение передовых технологий не ограничиваются только вопросами экологии. Омский судоремонтный завод активно развивает инновационные подходы к ремонту и обслуживанию судов, что позволяет не только повышать качество услуг, но и сокращать время выполнения заказов. Использование цифровых технологий и систем мониторинга дает возможность отслеживать состояние судов в реальном времени, что значительно увеличивает безопасность и надежность эксплуатации.[3]

Кроме того, завод уделяет особое внимание социальной ответственности. В рамках различных инициатив проводится работа с местными обществами, поддерживаются экологические проекты и мероприятия, направленные на сохранение природного наследия региона. Это не только укрепляет репутацию завода, но и создает позитивный имидж среди жителей Омска и области, формируя ощущение единства и общей ответственности за будущее.

В дополнение к вышеописанным усилиям, Омский судоремонтный завод активно внедряет обучающие программы для своих сотрудников, обеспечивая их современными знаниями и навыками в области новейших технологий ремонта судов. Это не только способствует профессиональному росту работников, но и положительно сказывается на общей производительности и качестве выполняемых услуг. Инвестирование в обучение команды позволяет заводу оставаться конкурентоспособным и адаптироваться к быстро меняющимся условиям рынка.[3]

Кроме того, завод активно сотрудничает с университетами и научно-исследовательскими институтами, что создает взаимовыгодные партнерства. Это сотрудничество позволяет внедрять в производство новейшие разработки и исследования, ускоряя тем самым внедрение инновационных решений в практику. Благодаря таким инициативам, Омский судоремонтный завод становится не только центром технического прогресса, но и площадкой для проведения научных экспериментов в реальных производствах.

Важной частью стратегии завода является внедрение системы управления качеством, соответствующей международным стандартам. Это позволяет не только улучшать производственные показатели, но и минимизировать влияния на природные ресурсы. Постоянный мониторинг и анализ процессов помогли выявить ключевые области для усовершенствования, что способствует систематическому снижению экологического следа.

Кроме того, завод активно развивает свои научно-исследовательские инициативы. Совместно с университетами исследуются новые материалы и технологии, способствующие уменьшению вредных выбросов и повышению энергоэффективности. Эти усилия подчеркивают стремление Омского судоремонтного завода не только соответствовать современным требованиям, но и опережать их, выполняя свою роль в формировании устойчивого будущего.[4]

Также стоит отметить развитие программы по утилизации отходов производства. Завод внедрил технологии, позволяющие перерабатывать практически все производственные остатки, что не только сокращает объемы отходов, но и дает возможность использовать вторичные материалы в технологических циклах. Такие меры подчеркивают стратегию завода по минимизации негативного воздействия на природу и активному вкладу в устойчивое развитие региона.

Дополнительно, Омский судоремонтный завод развивает программы по повышению энергоэффективности, что также имеет положительное влияние на экологию. Внедрение современных технологий позволяет значительно снизить потребление ресурсов при производственных процессах. Например, переход на энергосберегающие системы освещения и оптимизация отопления помогают уменьшить углеродный след предприятия, а также ведут к экономии средств, что способствует устойчивому развитию.[5]

Завод активно сотрудничает с образовательными учреждениями, принимая участие в проектах по эколого-просветительской деятельности. В рамках этих инициатив работники проводят лекции, мастер-классы и практические занятия для студентов, пропагандируя важность охраны окружающей среды. Такое взаимодействие формирует экологическую сознательность у молодежи и вовлекает их в защиту природы.

В дополнение, Омский судоремонтный завод активно работает над внедрением программ по утилизации отходов. Снижение количества производственных отходов и их переработка на месте помогают не только минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, но и сокращают затраты на утилизацию. Применение технологий замкнутого цикла позволяет максимально использовать вторичные ресурсы и значительно уменьшает объемы свалочных отходов.

Кроме того, завод активно участвует в социальных программах, направленных на озеленение территории региона. Регулярно проводятся акции по посадке деревьев и благоустройству общественных пространств, в ходе которых сотрудники формируют активную позицию в вопросах экологии. Такие мероприятия не только улучшают атмосферу в городе, но и способствуют укреплению корпоративной культуры и командного духа среди работников.

Все эти мероприятия в совокупности показывают, что Омский судоремонтный завод не просто следит за соблюдением экологических стандартов, но и выступает в роли активного участника в процессе создания устойчивого и безопасного будущего для следующего поколения. Объединив усилия с общественностью, завод становится неотъемлемой частью местного сообщества, что подтверждает его статус ответственного и социально ориентированного предприятия.

В рамках своей экологической инициативы Омский судоремонтный завод также осуществляет мониторинг и анализ своих производственных процессов. Это позволяет выявить и устранить источники загрязнения, обеспечивая более чистую среду как для сотрудников предприятия, так и для населения региона в целом. Специальные программы по обучению исполняемых на заводе сотрудников способствуют формированию осознания важности заботы об экологии и ответственности за свои действия.

Помимо этого, завод активно сотрудничает с образовательными учреждениями, организуя экскурсии и лекции для студентов и школьников. Такие мероприятия направлены на повышение экологической грамотности молодежи и формирование у них экологически устойчивых убеждений. Быть рядом с будущими специалистами позволяет предприятию не только делиться своим опытом, но и вдохновлять новое поколение на осознанное отношение к природе.

В довершение всего, Омский судоремонтный завод внедряет современные технологии, способствующие снижению уровня выбросов и отходов. Использование инновационного оборудования и материалов не только улучшает производственные процессы, но и минимизирует негативное воздействие на окружающую среду. Это позволяет заводу не только соответствовать экологическим стандартам, но и превосходить их, демонстрируя пример для других предприятий в регионе.

Омский судоремонтный завод стремится к постоянному развитию и улучшению своих зеленых инициатив. Планируется введение новых проектов по восстановлению экосистемы и оптимизации использования ресурсов. Эти шаги помогут обеспечить устойчивое будущее для предприятия и сообщества, в котором оно действует, создавая прочный фундамент для экологически ответственного подхода к бизнесу.

Список литературы:

1. Андрей Чуносков, ООО «Омский судоремонтно-судостроительный завод»: «На Волге объемы по каждому судну больше, а число ремонтируемых судов – меньше» <https://kvnews.ru/news-feed/94740>
2. Остановка «Судоремонтный завод» <https://www.omsk-kprf.ru/node/9916>
3. И.К. Виктор Золотой шов <https://cyberleninka.ru/article/n/zolotoy-shov/viewer>
4. Старая территория Омского ЦСРЗ <https://mib55.livejournal.com/152181.html>
5. Короткая история о большой жизни <https://omsk.mk.ru/articles/2012/04/11/691810-korotkaya-istoriya-o-bolshoy-zhizni.html>

УДК 669.018.28

ВЛИЯНИЯ ВЫБОРА ШИХТЫ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

Голиков Александр Михайлович¹, главный инженер

e-mail: coo@bmz52.ru

Карябкина Алина Алексеевна², аспирант

e-mail: a.karyabkina@yandex.ru

Каразанов Кирилл Олегович², аспирант

e-mail: karazanov.kirill@mail.ru

¹ ООО «ННС», Бор, Россия

² Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Рассматривается влияние выбора исходного чугуна для модифицирования по сэндвич-процессу для получения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Проведен анализ химического и фазового состава, а также физико-механических свойств материала на соответствие маркам чугуна. Показано влияние содержания остаточных серы и марганца на состав, структуру и свойства отливок.

Ключевые слова: литье, высокопрочный чугун с шаровидным графитом, сэндвич-процесс, микроструктура, остаточный магний, сера.

EFFECTS OF THE CHARGE MATERIAL SELECTION ON THE DUCTILE IRON'S COMPOSITION AND PROPERTIES

Golikov Alexander Mikhailovich¹, Chief Engineer

e-mail: coo@bmz52.ru

Karyabkina Alina Alekseevna², Doctoral Student

e-mail: a.karyabkina@yandex.ru

Karazanov Kirill Olegovich², Doctoral Student

e-mail: karazanov.kirill@mail.ru

¹ LLC «NNS», Nizhny Novgorod, Russia

² Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The impact of the selection of the initial iron base material for modification through the sandwich process in order to produce high-strength iron with spheroidal graphite is examined. An analysis of the chemical, phase, and physical-mechanical properties of the material in relation to the requirements for iron grades is conducted. The effect of residual sulfur and manganese content on the composition, structure, and properties of the castings is demonstrated.

Keywords: casting, ductile iron, sandwich process, microstructure, residual magnesium, sulfur

Введение

Литейное производство встречается во многих отраслях промышленности, включая современное судостроение и судовое машиностроение. В первую очередь преобладает стальное литье, литье из различных видов цветных металлов и чугунное литье. В

последнее время именно высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ) широко применяется в судостроении, потому что обладает более высокими прочностными и эксплуатационными качествами, в том числе и повышенной коррозионной стойкостью, по сравнению, например, с обычным серым чугуном [1-3]. Как правило, экономическая эффективность высокопрочного чугуна достигается благодаря относительно простому технологическому процессу выплавки, что в итоге снижает стоимость готового продукта.

Требования к отливкам из чугуна с шаровидным графитом приведены в Правилах классификации и постройки судов [4] и содержат указания по химическому составу, механическим свойствам и термической обработке отливок. В судостроении высокопрочный чугун используют в деталях двигателей, при изготовлении коленчатых валов, гребных винтов, корпусов передач и муфт, трубопроводов и арматуры осушительных и балластных систем, жидких грузов, в деталях компрессоров и насосов.

Перед исследователями по сей день стоит задача о разработке эффективной технологии изготовления отливок с высокими физико-механическими свойствами и стабильным качеством. Основными проблемами получения отливок из ВЧШГ являются выбор исходного химического состава чугуна, оптимального способа его модифицирования, в том числе подбор качественных модификаторов, и выбор режима термической обработки, которые влияют на получение качественной микроструктуры сплава при высоком уровне его физико-механических свойств. Отсюда становится очевидной необходимость разработки новых марок чугунов с более высокими физико-механическими свойствами, а также создания эффективных технологий изготовления отливок с высокими потребительскими характеристиками.

Целью данной работы являлось исследование влияния исходного чугуна на состав, структуру и свойства получаемых отливок.

Материалы и методы

Для исследования образования шаровидного графита в чугуне была изготовлена серия опытных отливок. Технология получения ВЧШГ осуществлялась путем внутриковшевого модифицирования по «сэндвич-процессу», в котором отделения для модификатора и для приема металла физически разделены перегородкой на дне ковша (показан на Рисунке 1). Перегородка необходима для защиты модификатора от размытия струей расплава. Технология подразумевает применение Si-Mg-модификаторов для получения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Применение послойной засыпки сфероидизирующего модификатора, затем графитизирующего модификатора и укрывного материала (стальная дробь или стружка) в отделении ковша создает достаточную площадь взаимодействия между расплавом и модификатором и приводит к высокой степени усваивания магния расплавом.

Для всех опытов был использован идентичный модификатор «Сферолит» для сфероидизации графита в чугуне. Расход модификатора составил 2,0-2,5% от массы загрузки. В ходе исследования получены 4 отливки:

- отливка 1 на основе лома чугуна СЧ25,
- отливка 2 на основе переплавленной отливки 1,
- для отливки 3 был взят синтетический чугун из стали,
- для отливки 4 был взят литейный чугун Л5.

Химический состав полученных отливок контролировали при помощи оптико-эмиссионного настольного спектрометра МСАП V5.

Для исследования получившейся структуры и свойств отливок были вырезаны образцы (образец 1, образец 2, образец 3 и образец 4 соответственно) и подготовлены для металлографического исследования при помощи шлифовки, полировки и травления

стандартным для сталей и чугуна химическим реактивом (5%-раствором азотной кислоты в этиловом спирте). Отбор пробы велся из тела отливок для всех образцов.

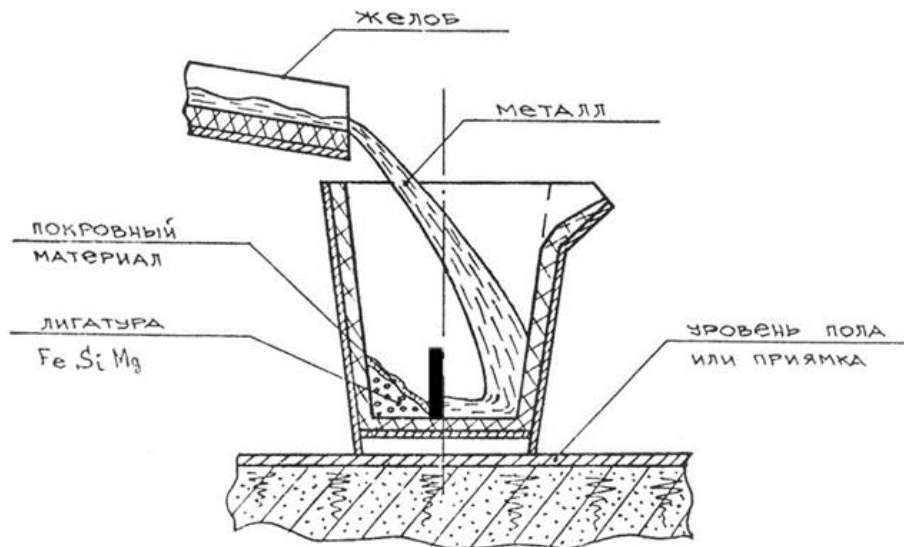


Рисунок 1 – Схема «сэндвич-процесса»

У образца 4 также были изучены прочностные характеристики путем испытания на растяжение по ГОСТ 7293-85.

Результаты и их обсуждение

Химический анализ

В образце 1 был зафиксирован самый низкий результат по содержанию остаточного магния: 0,015%, что обычно трактуется как недостаточное значение для формирования шаровидного графита в чугуне. Содержание серы значительное: 0,06%

В образце 2 наблюдается пониженное (до 0,03%) по сравнению с образцом 1 содержание серы. Содержание остаточного магния составило 0,08%, что косвенно указывает на положительный результат модифицирования чугуна.

Образец 3 был изготовлен на основе синтетического чугуна и продемонстрировал низкое содержание серы (0,02%). Также зафиксировано высокое содержание остаточного магния (0,08%), что предварительно было трактовано как положительный результат.

Образец 4 показал схожие с образцом 3 значения магния (0,08%) и серы (0,02%), что также оценивается положительно.

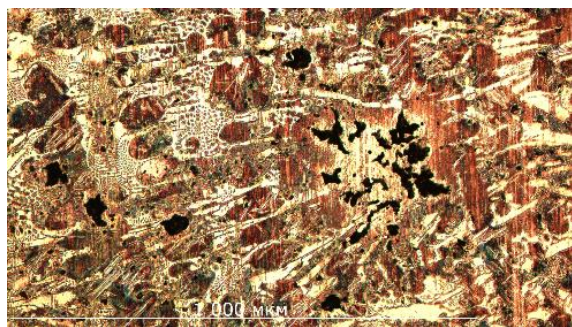
Анализ микроструктуры

На рисунке 2 показана характерная микроструктура образцов. Образец 1 имеет ледебуритно-перлитную структуру с неравномерно распределенными включениями графита неправильной формы. Образцы 2-4 имеют феррито-перлитную основу. Углерод в сфероидизированной форме наблюдается у образцов 2 и 4.

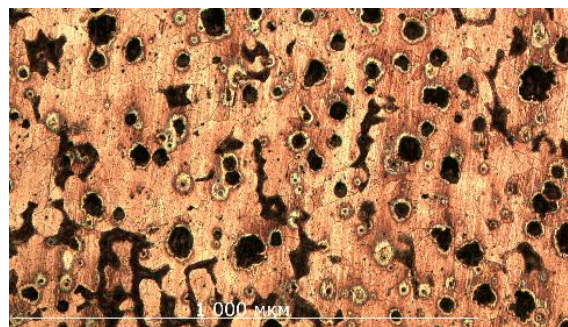
Таким образом, повышенное содержание остаточного магния, а также низкие значения содержания серы в отливках приводят к образованию шаровидного графита. Несмотря на это, образец 3 демонстрирует лишь частично сформированный шаровидный графит, что, по-видимому, может быть связано с синтетической основой чугуна.

Анализ прочностных характеристик

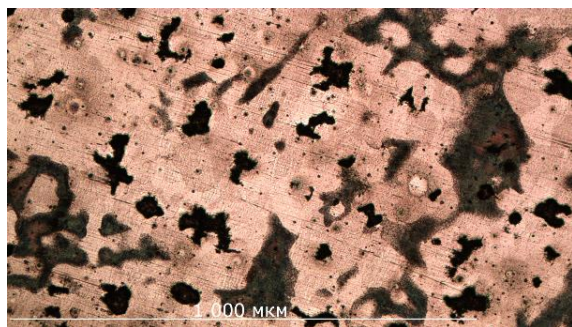
Проведенные испытания плоских образцов на растяжение показали, что образец 4 соответствует марке чугуна ВЧ40: временной предел прочности $\sigma_b = 463$ МПа, предел текучести $\sigma_{0,02} = 463$ МПа, относительное удлинение $\delta = 21\%$.



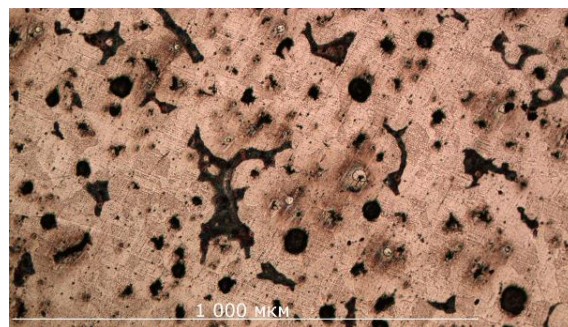
а) Образец 1



б) Образец 2



в) Образец 3



г) Образец 4

Рисунок 2 – Структура образцов, увеличение x100

Заключение

1. В результате исследования была отработана технология получения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, соответствующего марке ВЧ40.
2. Пониженное значение серы в химическом составе отливок положительно влияет на формирование шаровидного графита.
3. Содержание остаточного магния имело двоякое значение. Низкое содержание обнаружено в образце с неудовлетворительной структурой, но повышенное значение было обнаружено в образцах с различными формами графита. Таким образом, содержание остаточного магния может быть использовано как дополнительный параметр для контроля структуры и свойств отливок из высокопрочного чугуна.

Список литературы:

1. Материаловедение и технология металлов: учеб. для студентов машиностроит. спец. вузов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. ; Под ред. Г.П. Фетисова - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. шк., 2005. - 862 с.; ил.
2. Слуцкий, А.Г. Технологические особенности получения чугуна с шаровидным графитом с использованием быстроохлажденной медь-магниевого лигатуры / А.Г. Слуцкий, И.Л. Кулинич, В.А. Шейнерт, В.А. Стефанович, Р. Э. Трубицкий, А. В. Котков // Литье и металлургия. 2020. № 2. С. 15–21.
3. Изосимов, В. А. Влияние химического состава высокопрочного чугуна на его механические свойства / В. А. Изосимов, Р. Г. Усманов, М. Н. Канафин // Литье и металлургия. - 2004. – № 2 (30). - С. 32 - 36.
4. Российское Классификационное Общество. Правила (в 5 томах). – Правила классификации и постройки судов (ПКПС). URL: <https://rfclass.ru/assets/Uploads/PKPS-RKO.pdf?t=1716720777> (дата обращения 28.11.2024)

УДК 629.12

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАСЕЛ С ПРИСАДКАМИ МЕДИ В ДВИГАТЕЛЯХ МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ

Горбачев Максим Михайлович¹, доцент кафедры «Эксплуатация водного транспорта и промышленное рыболовство», доцент, кандидат технических наук

e-mail: max9999_9@mail.ru

Хмельницкий Константин Евгеньевич¹, доцент кафедры «Эксплуатация водного транспорта и промышленное рыболовство», кандидат технических наук

e-mail: chuchera80@mail.ru

¹ ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, Россия

Аннотация. В публикации представлены результаты в области практических исследований применения масел с присадками меди в стационарных двигателях и подвесных моторах маломерных судов. Отражено влияние масла на виброакустические и экологические параметры судовых двигателей, представлены пути для дальнейших направлений исследований применения масел с присадками меди на водном транспорте.

Ключевые слова: маломерные суда, судовые энергетические установки, моторное масло, экология, двигатель внутреннего сгорания, подвесные лодочные моторы

THE RESULTS OF THE USE OF COPPER ADDITIVE OILS IN THE ENGINES OF SMALL VESSELS

Gorbachev Maxim Mikhailovich¹, Ph. D (Eng), assistant professor of the Department «Operation of Water Transport and Industrial Fishing»

e-mail: max9999_9@mail.ru

Khmelnitsky Konstantin Evgenievich¹, Ph. D (Eng), assistant professor of the Department «Operation of Water Transport and Industrial Fishing»

e-mail: chuchera80@mail.ru

¹ Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. The publication presents the results of practical research on the use of copper additive oils in stationary engines and outboard motors of small vessels. The influence of oil on the vibro-acoustic and environmental parameters of marine engines is reflected, and ways for further research on the use of oils with copper additives in water transport are presented..

Keywords: small vessels, marine power plants, engine oil, ecology, internal combustion engine, outboard motors.

Применение моторных масел играет большую роль для обеспечения надежной смазки, охлаждения и очистки трущихся пар в транспортных дизелях, включая судового назначения. Помимо перечисленных функций, моторные масла дополнительно решают следующие задачи:

- обеспечение смазываемых поверхностей защитной противокоррозионной пленкой, что повышает долговечность судового дизеля;
- снижение ударных нагрузок в движущихся частях и сочленениях узлов дизелей;
- снижение уровня локальной и общей вибрации;
- снижение уровня шума;
- демпфирование колебаний, влияющих на динамические характеристики дизелей, включая крутильные колебания и неравномерность вращения;
- снижение уровня вредных выбросов с отработавшими газами;
- повышение энергоэффективности дизелей;
- снижение удельного эффективного расхода топлива.

Таким образом, свойства моторных масел оказывают комплексное влияние на технико-экономические характеристики дизелей и применение инновационных масел приведет к повышению их технико-экономических показателей.

После 2014 года, в связи с введением против России экономических санкций возникла проблема импортозамещения запасных частей, горючесмазочных материалов зарубежного производства для тепловой энергетики [1, 2, 3], транспорта [4, 5, 6] и флота [7, 8, 9]. На водном транспорте данная проблема проявилась наиболее остро в первую очередь для судовых дизелей зарубежного производства, для смазки которых использовались зарубежные масла, поэтому, применение масел отечественного производства с новыми свойствами имеет высокое значение для Российского флота.

Многие производители масел внедряют новые присадки для базовых моторных масел в связи с высокой потребностью мирового судостроения в повышении экологических, экономических характеристик судовых дизелей, в том числе, по причине введения новых норм в Приложении VI к Международной конвенции МАРПОЛ 73/78 [10] к содержанию серы в судовом топливе, ужесточения норм по энергоэффективности энергетических установок и т.д.

Очень большую группу во внутреннем флоте России занимают маломерные суда с двигательными стационарными и подвесными установками. В России количество маломерных судов, по данным Государственной инспекции по маломерным судам составляет 1,5 млн. шт.

Поэтому, исследование было направлено на изучение влияния свойств смазочных масел на двигательные установки маломерных судов, включая стационарные и подвесные дизельные моторы.

В качестве стационарного судового двигателя маломерного судна был использован дизель 3Д6 (6ЧСП15/18), который имеет широкое распространение в качестве главных двигателей на судах внутреннего плавания, в том числе – на катерах типа «РК», «Ярославец», «Колонок» и т.д. Дизель 3Д6 был установлен на речном маломерном судне проекта Р-376У (разъездной катер типа «Ярославец»). В состав судового машинно-двигательного комплекса данного судна входят: дизель 3Д6, реверс-редуктор, гребной вал, гребной винт фиксированного шага. Тип используемых масел для двигателя в исследовании: базовое паспортное – MC20, с присадками меди – Cupper Boat Line SAE 40.

В качестве подвесного мотора маломерного судна был использован дизельный мотор «Yanmar D27». Тип используемых масел в исследовании для редуктора: базовое паспортное - SAE 80W-90, с присадками меди – Cupper 75W-90. Для двигателя - базовое паспортное - SAE 15W-40, с присадками меди – Cupper Boat Line SAE 40.

В результате выполненных практических исследований были получены следующие результаты.

Для дизельного подвесного лодочного мотора «Yanmar D27»:

1. Количество пленочного нефтепродукта при использовании масла с присадками меди ниже, чем при использовании стандартного масла. Количество растворенного нефтепродукта при работе на масле с присадками меди снижается на 45,8% по сравнению с количеством при использовании стандартного масла. Общее количество нефтепродуктов, попавших в воду при работе на масле с присадками меди снизилось на 34,3% по сравнению с результатами при работе дизеля на стандартном масле.

2. При работе на масле с присадками меди выбросы CO_2 снижаются на всех режимах работы. Максимальное снижение выбросов CO_2 на 1,46% (объемное содержание CO_2 в выхлопных газах) достигнуто при работе на полном ходу.

3. Наибольший эффект по снижению шума получен при работе на масле с присадками меди на малом ходу. Максимальное снижение уровня звука 16,6 дБА достигнуто на частоте 250 Гц, а на холостом ходу на 11,3 дБА. Наибольшее снижение уровня звука 6,6 дБА достигнуто на малом ходу.

4. Максимальная частота вращения при наработке на масле с присадками меди по сравнению со стандартным маслом увеличилась на 7,3%.

5. Температура выхлопных газов при работе на стандартном масле на 20,5 °С выше по сравнению со значением при работе на масле с присадками меди.

6. При работе на масле с присадками меди снижение вибрации отмечено на всех режимах работы дизеля, максимальное снижение происходит на полном ходу на величину 3,9 м/с².

Для стационарного судового дизеля 3Дб:

1. Температура охлаждающей воды при использовании масла с присадками меди растет с меньшей интенсивностью, чем при использовании стандартного масла.

2. Температура выхлопных газов при использовании масла с присадками меди меньше на 91 °С, чем при использовании стандартного масла.

3. Изменение вибрации при работе на масле с присадками меди неоднозначно и в отдельных измерительных точках имеется как снижение, так и превышение по сравнению с величинами при работе на стандартном масле.

4. Уровень шума в рулевой рубке практически на всех режимах работы энергетической установки при работе на масле с присадками меди снижается на максимальную величину 2,9 дБА (уровень звука) на режиме холостого хода.

5. Однозначной оценки по влиянию масла с присадками меди на характер шума в машинном отделении не представляется возможным, поскольку это может быть связано с плохой акустикой помещения, где установлен главный двигатель.

6. На резонансной частоте вращения касательные напряжения при работе на масле с присадками меди ниже, чем при работе на стандартном масле на 0,37 МПа. На других резонансных частотах касательные напряжения при работе на масле с присадками меди практически идентичны напряжениям, возникающим при работе на стандартном масле. Суммарные касательные напряжения при использовании обоих видов масла не превышают допустимых согласно правилам РКО.

7. Выбросы оксида азота и диоксида азота при работе двигателя на стандартном масле выше в диапазоне частоты вращения гребного вала от 0 до 530 об/мин, при более высокой частоте вращения концентрация более низкая, чем при работе на масле с присадками меди.

8. Количество пленочного нефтепродукта при работе на масле с присадками меди ниже, чем при работе на стандартном масле.

9. Количество растворенного нефтепродукта, фосфат ионов и общего фосфора при работе на масле с присадками меди выше, чем при работе на стандартном масле.

Список литературы:

1. Проблемы импортозамещения в отраслях ТЭК и смежных сферах. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016. – 28 с.
2. Керимов Д.А. Импортозамещение в энергетике. Вестник Югорского государственного университета, 2016 г. Выпуск 4 (43). с. 52–55.
3. Анализ возможности использования отечественных масел в паровых и газовых турбинах теплоэнергетических предприятий Астраханской области. Кобзарев С.В. // В сборнике: 74-я Международная студенческая научно-техническая конференция. Материалы. Астрахань, 2024. С. 1301-1302.
4. Информационно-аналитический отчет: Железнодорожный транспорт: результаты импортозамещения 2022-2023. М.: ROLLINGSTOCK Agency, 2023 — 88 с.
5. Купрейшвили, Е. Т. Современные тенденции импортозамещения на рынке дорожно-строительной техники / Е. Т. Купрейшвили, Б. А. Соловьёв, А. И. Тимофеев // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 3. — 12 с.
6. Тихонов А.И., Сазонов А.А. Оценка перспектив развития импортозамещения в авиационной промышленности России // Вектор науки ТГУ. Серия: Экономика и управление. 2018. № 3 (34). – с. 52 – 58.
7. Зудинова К.Ю. Импортозамещение в судостроении: путь к экономической и политической безопасности, или новый этап в стремительном повышении конкурентоспособности отрасли на мировой арене // Экономические науки, 2016, №10 (143). - с. 69 - 72.
8. Разработка модифицированных смазочных материалов для увеличения ресурса цилиндропоршневой группы судовых дизелей. Гужвенко Иван Николаевич // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет», 2023. - 24 с.
9. Обслуживание и ремонт пружинных демпферов крутильных колебаний морских судов для обеспечения безопасности мореплавания // Ибадуллаев А.Д., Балашов Э.З. В сборнике: 74-я Международная студенческая научно-техническая конференция. Материалы. Астрахань, 2024. с. 1028 - 1029.
10. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененная Протоколом 1978 года к ней (МАРПОЛ 73/78), (с изменениями на 17 февраля 1978 года). – СПб: ЦНИИМФ, 2023. - 862 с.

УДК 621.352.6

ОСОБЕННОСТИ СУДНА ПРОЕКТА 00393 С ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Гречко Николай Владимирович¹, доцент кафедры электромеханических объектов водного транспорта

e-mail: nvg.vguvt@yandex.ru

Панягин Александр Владимирович², ведущий инженер-конструктор - руководитель группы отдела главного конструктора по судостроению

e-mail: ogks@zdchip.ru

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева, Казань, Россия

² АО «Зеленодольский завод имени А.М.Горького», Зеленодольск, Россия

Аннотация. Рассмотрены особенности судна с энергетической установкой на основе универсального функционального модуля на водородных топливных элементах проекта 00393.

Ключевые слова: топливные элементы, энергетическая установка, универсальный функциональный модуль, электроход.

FEATURES OF THE PROJECT 00393 VESSEL WITH A HYDROGEN FUEL CELL PROPOWER ELECTRIC INSTALLATION

Grechko Nikolay Vladimirovich¹, Associate Professor of the Department of Electromechanical Facilities of Water Transport

e-mail: nvg.vguvt@yandex.ru

Panyagin Alexander Vladimirovich², Leading Design Engineer - Group Leader of the Chief Designer's Department for Shipbuilding

e-mail: ogks@zdchip.ru

¹ Institute of Sea and River Fleet named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyataeva, Kazan, Russia

² JSC "Zelenodolsk plant named after A.M. Gorky", Zelenodolsk, Russia

Abstract. The features of a vessel with a power plant based on a universal functional module on hydrogen fuel cells of project 00393 are considered

Keywords: fuel cells, power plant, universal functional module, electric ship.

Развитие технологии производства водородных топливных элементов позволило получить значительные мощности, что повлекло расширение области их применения. Так в европейских концепциях применение водородных топливных элементов признано как перспективное решение снижения отрицательного влияния эксплуатации судов на окружающую среду. По данным Международной морской организации 90 % мирового товарооборота проходит по морским путям. При этом суда, осуществляющие грузовые

перевозки загрязняют атмосферный воздух отработавшими газами судовых (дизельных) энергетических установок. Энергетические установки большинства судов работают на тяжелых фракциях топлива, которые выбрасывают в 3500 раз больше серы по сравнению с обычным дизельным топливом. Практическое применение водородных топливных элементов ограничивалось судами, работающими на коротких маршрутах. Затем область применения водородных топливных элементов расширилась на суда, эксплуатируемых на больших расстояниях. Электроэнергетическая система подобных судов состоит из водородных топливных элементов и аккумуляторными батареями, совместно работающих на электрические двигатели движителя судна. Такое решение позволяет в более широком диапазоне изменять как скорость, так и направление вращения движителя для улучшения маневренности. Подобный способ использования водородных топливных элементов обеспечивает оптимальные как срок эксплуатации, так и их производительность.

Наибольшее применение в водородных топливных элементах нашла низкотемпературная технология с полимерно-электролитной мембраной (LT-PEM). Мощность лучших серийных водородных топливных элементов по такой технологии достигает 1 МВт (как в качестве главной энергетической установки на небольших судах, так и в качестве вспомогательного источника питания на крупных). При этом массогабаритные показатели энергетической установки на водородных топливных элементах мощностью до 3 МВт соизмеримы с дизель-генератором аналогичной мощности вместе со вспомогательным оборудованием [1].

Такие водородные топливные элементы получили развитие в России. Так ФГБУ «Крыловский государственный научный центр» занимается исследованием низкотемпературных водородных топливных элементов с твердым полимерным электролитом. К достоинствам этой технологии можно отнести: работа при температурах до 80 °C, быстрый запуск и динамичность отклика. Несмотря на высокую стоимость электрической энергии, получаемой от топливных элементов, отсутствие как собственного производства в России протонообменных мембран так и сырья для их изготовления, малый ресурс топливных элементов [2].

Топливный элемент представляет собой химический источник тока с протекающей внутри прямой химической реакции между окислителем (кислородом) и восстановителем (водородом) результатом этой реакции является образование электрического тока. В топливном элементе в отличие от двигателя внутреннего сгорания топливо не сжигается. При использовании в качестве окислителя водорода в результате химической реакции образуется чистая вода и тепло, а коэффициент полезного действия процесс получения электрической энергии составляет 60 %, для лучших вариантов конструкций – 85 % [3].

В 2020 году премьер-министр Российской Федерации М.В. Мишустин утвердил План мероприятий «Развития водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года» (Распоряжение № 2634-р от 12.10.2020 г.). План предусматривает создание судовой транспортной энергетики на основе прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую энергию с высокой эффективностью и экологической чистотой.

В рамках реализации плана ФГБУ «Крыловский государственный научный центр» разработана установка энергетическая на топливных элементах на базе универсального функционального модуля УФМ-ЭУТЭ. Область ее применения: водный, наземный городской общественный, наземный грузовых перевозок, железнодорожный и авиа-транспорт.

В рамках применения установки на водном транспорте был разработан ЦКБ «Балтсудопроект» ФГУП «Крыловский государственный научный центр» проект 00393 судна с опытным образцом универсального функционального модуля на водородных топливных элементах [4].

Главное назначение судна – платформа для создания и обкатки технологии применения водородных топливных элементов на базе универсального функционального модуля.

Номинальная мощность опытного образца универсального функционального модуля на водородных топливных элементах не менее 70 кВт, полная энергоемкость – 380 кВт·ч, коэффициент полезного действия не менее 45%, время пуска из холодного состояния в рабочее с 100 % приемом нагрузки – не более 30 мин, мощность, потребляемая на собственные нужды не более 4,7 кВт.

Судно с электродвижением работает от аккумуляторов или дизель-генераторов, работающих на дизельном топливе или сжиженном газе. При внедрении водородной технологии дизель-генератор заменяется универсальный функциональный модуль на водородных топливных элементах. При этом водород как топливо и универсальный функциональный модуль на водородных топливных элементах не сертифицированы для использования в Российской Федерации. Отсутствие передаточных звеньев при преобразовании химической энергии топлива в электрическую, а также механических движущихся частей обеспечивает высокую эффективность судна с универсальным функциональным модулем на водородных топливных элементах в качестве судовой энергетической установки. Водородная генерация соизмерима по топливно-энергетическим показателям с двигателем внутреннего сгорания на жидком топливе и имеет решающее превосходство по сравнению с аккумуляторными батареями. Также при работе универсальный функциональный модуль на водородных топливных элементах обеспечивает саморегулирование нагрузки (как в номинальном режиме, так и в режимах неполной нагрузки), расход водорода на киловатт вырабатываемой электрической энергии примерно одинаков.

Особую взрывоопасность представляет смесь водорода с воздухом, при этом сам водород не взрывается, а только горит.

При проектировании судна руководствовались номинальной мощностью, которую выдает опытный образец универсального функционального модуля на водородных топливных элементах – 70 кВт, а также снижением общего уровня вредных выбросов в городских акваториях и обеспечение плавания судов в районах и акваториях с повышенными экологическими требованиями (запрет на выброс вредных веществ) – маломерное прогулочно-экскурсионное судно.

В судне использовано преимущественно отечественное оборудование: корпус, электродвигатели, движители, прочее.

Назначение судна определило основной режим эксплуатации – экскурсионный ход около 3 узлов с возможностью плавания в реках и каналах (маневренность и управляемость, небольшая осадка) и более оптимальный двухваловый движительно-рулевой комплекс с гребными винтами фиксированного шага и двух рулей, подруливающее устройство туннельного типа в носовой части.

Единая судовая электроэнергетическая система состоит из батареи топливных элементов с выходным напряжением 200 – 340 В, блока накопителей энергии с напряжением 550 В, гребных электродвигателей (2 x 37 кВт), общесудовых потребителей и питание собственных нужд универсального функционального модуля на водородных топливных элементах напряжением 400 В и 24 В.

Список литературы:

1. Живлюк Г.Е., Петров А.П. Применение топливных элементов в энергообеспечении водного транспорта. Вестник Государственного университета морского и речного флота

имени адмирала С. О. Макарова. 2022;14(1):104-119. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-1-104-119>.

2. Розов И. В., Титов С. В., Черных Е. В. Проблемы производства судовых энергетических установок на базе топливных элементов в Российской Федерации // Научные проблемы водного транспорта. 2022. №76. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-proizvodstva-sudovyh-energeticheskikh-ustanovok-na-baze-toplivnyh-elementov-v-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 31.01.2025).

3. Козлов С. И., Фатеев В. Н. Топливные элементы с твердым полимерным электролитом // Транспорт на альтернативном топливе. 2016. №4 (52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/toplivnye-elementy-s-tverdym-polimernym-elektrolitom> (дата обращения: 31.01.2025).

4. Белов А. М., Макаров М. А. Разработка и внедрение нормативных требований, предъявляемых к судовым энергетическим установкам на топливных элементах // 11-я Всероссийская конференция «Топливные элементы и энергоустановки на их основе». 2024. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-vnedrenie-normativnyh-trebovaniy-predyavlyaemyh-k-sudovym-energeticheskim-ustanovkam-na-toplivnyh-elementah> (дата обращения: 31.01.2025).

УДК 629.5.06

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КАВИТАТОРА В СОСТАВЕ СТАНЦИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Гурьянов Николай Михайлович¹, аспирант кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта

e-mail: gurnikol@yandex.ru

Мизгирев Дмитрий Сергеевич¹, д.т.н., доцент, профессор кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта

e-mail: mizgirevds@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Представлен анализ классификации устройств, предназначенных для генерации кавитационных каверн и суперкаверн, а также рассматриваются преимущества и недостатки процессов, происходящих в гидродинамических кавитаторах, используемых в судовых станциях приготовления питьевой воды (СППВ). Показаны результаты экспериментальных исследований характеристик гидродинамического кавитатора, проведенных на стенде, который моделирует работу определенной части судовой СППВ.

Ключевые слова: кавитация, озонирование, УФ - излучение, станция приготовления питьевой воды, гидродинамический кавитатор.

DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF HYDRODYNAMIC CAVITATION AS COMPOSITION OF A DRINKING WATER PREPARATION STATION

Gurianov Nickolay Michailovich¹, graduate student of the Department of Lifting and Transport Machines and Machine repair

e-mail: gurnikol@yandex.ru

Mizgirev Dmitriy Sergeevich¹, Dr. Sci., Professor, Professor of the Department of Lifting and Transport Machines and Machine repair

e-mail: mizgirevds@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article presents an analysis of the classification of devices designed to generate cavitation caverns and supercaverns, and also examines the advantages and disadvantages of the processes occurring in hydrodynamic cavitators used in ship drinking water preparation stations (SDWPS). The article shows the results of experimental studies of the characteristics of a hydrodynamic cavitator, conducted on a stand that simulates the operation of a certain part of a SDWPS.

Keywords: cavitation, ozonation, UV radiation, drinking water preparation station, hydrodynamic cavitator.

Образование кавитации возможно вследствие как акустического излучения, когда каверны возникают от прохождения в жидкости звуковых волн необходимой частоты и амплитуды, так и в результате изменения гидродинамических условий протекания потока жидкости – при понижении давления за счет роста скорости потока [1].

Устройства для генерации кавитационных процессов классифицированы в виде схемы, представленной на рис. 1.

Следует отметить, что акустические кавитаторы отличаются сложностью и высокой стоимостью, значительным энергопотреблением, необходимостью специализированного высококвалифицированного обслуживания, что ограничивает возможность их применения в составе судовых систем. С учетом ограничений судовых условий в составе СППВ, практически, может быть использован гидродинамический метод генерирования кавитации путем образования специализированных гидравлических конструкций.

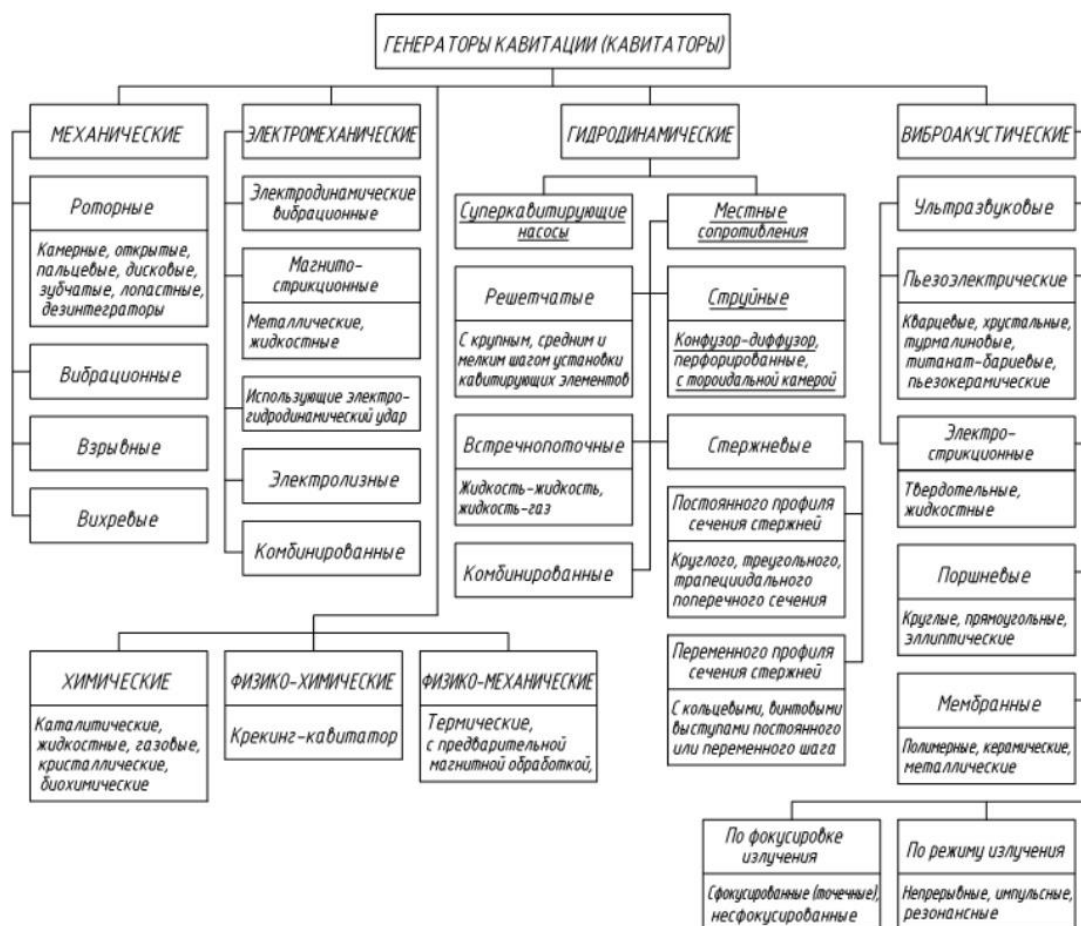


Рисунок 1 – Классификация кавитационных генераторов

В данных устройствах возможно протекание сразу двух типов кавитационных процессов:

- профильного, реализуемого на твердых стенках хорошо обтекаемых элементов местных сопротивлений. При этом наблюдается выраженный эрозионный износ ограничивающих поток стенок гидродинамических конструкций, что является существенным недостатком;
- срывного, происходящего в вихрях за плохо обтекаемыми элементами гидравлических устройств, при этом зародыши каверн образуются как на твердых ограничивающих поток стенках, так и внутри него. Достоинством данного типа является равномерность распределения каверн в объеме жидкости, что необходимо для ее эффективной обработки [2].

С целью достижения высокого эффекта обеззараживания необходимо, чтобы в кавитаторе происходили оба типа кавитационных процессов, что должно достигаться

рациональной конструкцией (например, патент РФ RU 2269386 С1 «Генератор гидродинамических колебаний»).

Предварительные исследования показывают, что подобные устройства позволяют достичь высокого уровня надежности и качества процессов обеззараживания при относительно низких энергозатратах (сравнительно малых давлениях входящего потока рабочей жидкости), показывают работоспособность в тяжелых условиях (при значительных давлениях сжатия), обеспечивают эжекцию жидких и газообразных реагентов в довольно широком диапазоне рабочих характеристик. Это создает выраженные предпосылки для использования подобных аппаратов вместо штатных эжекторов судовых СППВ, что позволит повысить санитарную надежность судна в целом при сравнительно малых капитальных затратах [3].

Для выполнения задач по определению характеристик гидродинамического кавитатора, входящего в состав СППВ, потребовалось разработать специальный стенд. Созданный в лаборатории ФГБОУ ВПО «ВГУВТ» стенд имитирует работу части СППВ, представляя собой комплекс электронасосного агрегата, гидродинамического кавитатора и озоногенерирующей установки на основе ультрафиолетового излучения.

Внешний вид стенда приведен на рис. 2.



Рисунок 2 – Внешний вид экспериментального стенда

1 – шкаф питания озоногенерирующей УФ-установки; 2 – ротаметр; 3 – лампа УФ-излучения; 4 – электронасос; 5 – клапан редукционный; 6 – шланг компримированного воздуха; 7 – мановакуумметр; 8 – счетчик расхода жидкости; 9 – манометры; 10 – кавитатор гидродинамический; 11 – штуцер пробоотборный; 12 – патрубок обрабатываемой воды.

Основные характеристики стенда при выполнении экспериментов поддерживались постоянными вследствие настройки перед испытаниями на водопроводной воде постоянной температуры, а также при постоянной температуре окружающего воздуха.

Расчет, подбор и изготовление отдельного оборудования стенда произведены по известным уравнениям и имеют основные характеристики, представленные ниже.

Электронасос ТР 100Е: $Q_n = 1,29 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$; $p_n = 14500 \text{ кПа}$; $H_{\max} = 150 \text{ м}$; $H_{\min} = 62 \text{ м}$; $N = 2,2 \text{ кВт}$.

Озоногенерирующая лампа УФ-излучения: $N_{\text{уф}} = 60 \text{ Вт}$; $Q_{\text{жс}} = 1,4 \text{ м}^3/\text{ч}$; $g_{\text{уф}} = 30 \text{ мДж}/\text{см}^2$ при 60% светопропускании; тип излучателя GPH 893 T5 VH/НО.

Поиск эффективного режима кавитатора произведен с использованием предельных кривых Эше [4], отражающих нелинейную зависимость между частотой акустической

волны и пороговым давлением, при котором возникает кавитация. Для воды стабильная кавитация возникает при частотах $f = (1 \dots 30)$ кГц [1, 5, 6].

Исследования выполнены с применением прибора ДСА-2001 «ИНКОТЕС», предназначенного для вибрационной диагностики технических средств, в полуавтоматическом режиме. Варьируемые в ходе эксперимента параметры и их пределы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Пределы изменения рабочих параметров кавитатора

Параметр	Предел изменения
Давление на входе в аппарат p_p , кПа	400; 600; 800
Расход эжектируемого газа Q_g , м ³ /ч	0,00; 0,05; 0,15; 0,30

Результаты эксперимента показали, что уровень вибрации, а, следовательно, и кавитации при увеличении давления воды сначала возрастает, а затем стабилизируется в диапазоне давлений $p_p = (400 \dots 800)$ кПа, $p_5 \approx 30$ кПа. В противоположном направлении наблюдается изменение при эжекции воздуха: при $Q_g \leq 0,12$ м³/ч уровень виброускорения высок, но при увеличении расхода происходит резкое снижение.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о выраженном эффекте первичного обеззараживания гидродинамической кавитацией, а также о проявлении явного синергетического эффекта при одновременном применении кавитации и слабого озонирования.

Список литературы:

1. Пирсол И. Кавитация / И. Пирсол; пер. с англ. Ю.Ф. Журавлева. – М.: МИР, 1975. – 98 с.: ил.
2. Мизгирев, Д. С. Анализ технических решений судовых систем питьевой воды / Д. С. Мизгирев, Н. М. Гурьянов // Научные проблемы водного транспорта. – 2020. – № 63. – С. 77-89.
3. Мизгирев, Д. С. Совершенствование судовых станций приготовления питьевой воды с использованием синергетического эффекта активированных окислительных технологий / Д. С. Мизгирев, Н. М. Гурьянов // Морские интеллектуальные технологии. – 2022. – № 4-1(58). – С. 40-45.
4. Курников А.С., Мизгирев Д.С., Михеева Т.А. Научное обоснование технических решений создания и совершенствования природоохранного оборудования для водного транспорта и предприятий речного флота: монография / А.С. Курников, Д.С. Мизгирев, Т.А. Михеева. – Н.Новгород: изд-во ФБОУ ВПО ВГАВТ, 2017. – 436 с.; ил.
5. Сиротюк М.Г. Акустическая кавитация / М.Г. Сиротюк; отв. ред. В.А. Акуличев, Л.Р. Гаврилов // Тихоокеан. океанол. ин-т им. В.И. Ильичева ДВО РАН. – М.: Наука, 2008. – 271 с.: ил.
6. Промтов М.А. Кавитация / М.А. Промтов // Вестник Тамбовского государственного технического университета Тамбов: Изд-во ФБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – № 4. С. 28-36.

УДК 629.12

АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ СВЯЗАННЫХ КОЛЕБАНИЙ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Дьяченко Артем Владиславович¹, Старший эксперт Нижне-Волжского филиала ФАУ «Российское Классификационное Общество», соискатель ученой степени кандидата технических наук

e-mail: sadwyn1997@gmail.com

Горбачев Максим Михайлович¹, Доцент кафедры «Эксплуатация водного транспорта и промышленное рыболовство», доцент, кандидат технических наук

e-mail: max9999_9@mail.ru

¹ Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Аннотация. В публикации рассматриваются вопросы актуальности и необходимости расчета и измерения связанных колебаний – крутильных, поперечных и осевых, возникающих в судовых машинно-двигательных комплексах при их эксплуатации. Обосновывается необходимость разработки методологии исследования связанных колебаний, включая методику их измерения и обработки результатов измерений, а также необходимость внедрения в правила Российского морского регистра судоходства и Российского Классификационного Общества соответствующих требований.

Ключевые слова: связанные колебания, судовые машинно-двигательные комплексы, судовые энергетические установки, крутильные колебания, осевые колебания.

THE RELEVANCE OF MEASURING RELATED OSCILLATIONS IN MARINE POWER PLANTS

Diachenko Artem Vladislavovich¹, Senior expert of the Lower Volga branch of the "Russian Classification Society", candidate of scientific degree of Candidate of Technical Sciences

e-mail: sadwyn1997@gmail.com

Gorbachev Maxim Mikhailovich¹, Associate Professor of the Department "Operation of Water Transport and Industrial Fishing", Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

e-mail: max9999_9@mail.ru

¹ Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. The publication discusses the relevance and necessity of calculating and measuring related vibrations – torsional, transverse and axial, arising in marine propulsion systems during their operation. The necessity of developing a methodology for the study of related fluctuations, including a methodology for measuring and processing measurement results, as well as the need to introduce relevant requirements into the rules of the Russian Maritime Register of Shipping and the Russian Classification Society, is substantiated.

Keywords: related oscillation, marine propulsion systems, marine power plants, torsional oscillation, axial oscillation.

Судовые энергетические установки (СЭУ) — это совокупность механизмов и систем, предназначенных для движения судна, а также преобразования, передачи и использования

энергии на борту судна. В их состав входят главные и вспомогательные двигатели, генераторы, трансмиссии, валопроводы и системы управления, которые совместно обеспечивают движение, энергоснабжение и выполнение эксплуатационных задач.

Надёжность СЭУ играет ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности эксплуатации судна. От корректной работы этих установок зависят не только экономические показатели, но и предотвращение аварийных ситуаций, которые могут повлечь за собой значительные финансовые и экологические последствия.

Связанные колебания чаще всего интенсивно развиваются в главных судовых энергетических установках (ГЭУ) и являются актуальной проблемой, которая напрямую влияет на эксплуатационную надёжность и эффективность судна. В условиях эксплуатации судов повышенные динамические нагрузки на валопроводы, двигатели и другие элементы силовой установки могут привести к ускоренному износу подшипников, появлению трещин в валах, разрушению материалов упругих муфт и возникновению аварийных ситуаций с потерей хода и управляемости. Связанные колебания представляют собой сложные полигармонические функции крутильных, осевых и поперечных колебаний, которые в традиционной теории колебаний принято рассматривать парциально для упрощения решения сложной системы математических уравнений, описывающих связанные колебания. Однако, как показывают современные теоретические и практические исследования, эти процессы необходимо рассматривать совместно, поскольку они тесно взаимосвязаны и оказывают комплексное влияние на надёжность крутильно-колеблющейся системы машинно-двигательного комплекса. Крутильные колебания, возникающие в валопроводах, часто воспринимаются как основная угроза для валовой линии, что подтверждается наличием требований в отношении их измерения и расчёта в правилах классификационных обществ. Однако исследование только крутильных колебаний без учёта поперечных и осевых, не обеспечивает полной картины реального напряжённого состояния элементов силовой установки.

Крутильные колебания представляют собой периодические знакопеременные угловые перемещения в плоскости вращения валов в результате неравномерности крутящего момента от силовой установки и передаваемого к валопроводу, гребному винту или другим компонентам ГЭУ. Крутильные колебания чаще всего сопровождаются осевыми колебаниями, возникающих вдоль продольной оси вала. Осевые колебания валопровода представляют собой периодические смещения вдоль его оси, которые возникают под воздействием различных факторов, таких как переменная составляющая упора гребного винта, осевая сила в редукторе, неравномерность крутящего момента двигателя и др. Эти колебания могут быть обусловлены как эксплуатационными режимами работы судна, так и конструктивными особенностями силовой установки. Последствия осевых колебаний включают повышенный износ упорных подшипников, шумы и вибрации. Вышеуказанные виды колебаний сопровождаются также поперечными, которые распространяются через опоры и корпус судна и возникают от влияния волн, недостаточной балансировки гребного винта, неправильной центровки валопровода и т.д.

Для обеспечения точной диагностики технического состояния и прочностной надёжности элементов судового валопровода необходимо учитывать крутильные, осевые и поперечные колебания, что позволяет объективно оценить надёжность валопровода и всей энергетической установки. Такой подход обеспечивает раннее выявление потенциальных неисправностей, минимизирует риск возникновения и развития аварийных ситуаций и позволяет оптимизировать эксплуатационные расходы.

Комплексное измерение всех видов колебаний позволит:

1. Объективно оценить состояние валопровода и определить реальные динамические нагрузки, возникающие при эксплуатации судового машинно-двигательного комплекса.

2. Выявить сложные взаимодействия колебаний и избежать развития резонансных явлений на критических частотах вращения валопровода.

3. Своевременно выявлять скрытые дефекты в элементах судовых валопроводах и повышать точность диагностики таких устройств как силиконовые демпферы, предназначенные для снижения опасных крутильных колебаний до допустимого уровня.

Разработка методологии исследования связанных колебаний, включая методики измерения и обработки результатов, обеспечит понимание взаимосвязи крутильных, осевых и поперечных колебаний, что позволит определить основные источники их возникновения, оценить влияние динамических процессов на элементы конструкции и сформулировать рекомендации по повышению надежности судовых энергетических установок (СЭУ).

Связанные колебания являются результатом сложного взаимодействия различных физических процессов, таких как упругие деформации, механические резонансы и внешние возмущения, что требует комплексного подхода к их исследованию. Для обеспечения точности измерений колебаний и вибраций используются высокочувствительные приборы, такие как MEMS-акселерометры, торсиографы, индуктивные и тензометрические датчики и др., однако, измерительные комплексы для измерения связанных колебаний встречаются редко и используются для узконаправленных задач без широкого применения для судовых установок. Использование акселерометров [1], [2] и тензометрических датчиков [2] в сочетании с современными методами спектрального анализа позволяет регистрировать и анализировать параметры вибраций с высокой точностью. Это особенно важно для выявления резонансных явлений, которые оказывают значительное воздействие на ресурс и работоспособность ключевых элементов СЭУ.

В будущем, разработка методологии измерения совместных колебаний обеспечит возможность прогнозирования развития критических режимов работы установок с резким увеличением вибраций и колебаний и их предотвращения.

Таким образом, разработка и внедрение комплексной методологии исследования связанных колебаний является ключевым этапом в решении задач повышения эффективности, надежности и долговечности судовых энергетических установок.

Правила Российского классификационного общества (РКО) [3] и Российского морского регистра судоходства (РМРС) [4] устанавливают обязательной процедуру измерения параметров только крутильных колебаний главных энергетических установок, которая проводится при строительстве и модернизации судов, а также в процессе их эксплуатации при осуществлении контроля технического состояния демпферов дизелей. В Правилах РКО и РМРС изложены полноценные требования к расчету и измерениям крутильных колебаний, которые обеспечивают как точность расчета и измерений, так и обеспечение прочностных характеристик элементов машинно-двигательного комплекса на прочность при кручении.

Необходимость внедрения в правила РМРС и РКО требований по измерению связанных колебаний обусловлена несколькими причинами. Использование более компактных и высокооборотных форсированных двигателей повышенной мощности, а также эксплуатация в сложных условиях усиливают взаимосвязь вибрационных процессов. Без комплексного подхода к их измерению возрастает вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Признавая опасность связанных колебаний для судовых валопроводов, правила классификационного общества DNV GL [5] содержат дополнительные требования к расчету осевых колебаний, особенно в отношении установок с мощными двухтактными дизелями. Отсутствие аналогичных требований в правилах РКО и РМРС снижает

конкурентоспособность отечественного флота и судостроительных предприятий, затрудняя экспорт судов и их соответствие международным стандартам.

Современные технологии измерения делают возможным внедрение требований без значительных дополнительных затрат. Однако их использование должно быть регламентировано на уровне классификационных требований для обеспечения единообразного подхода. Внедрение соответствующих требований в правила РМРС и РКО не только повысит уровень безопасности судоходства, но и позволит отечественной отрасли соответствовать современным тенденциям.

В условиях современного судостроения и судоремонта, где требования к эффективности и безопасности постоянно возрастают, комплексный подход к измерениям связанных колебаний становится важным элементом обеспечения надежности судна и долговечности его ключевых узлов, например, таких как гребные валы, зубчатые передачи редукторов, муфты соединения, демпферы, подшипники и тд. измерение связанных колебаний не только повышает безопасность эксплуатации судна, но и снижает затраты на техническое обслуживание. Предотвращение аварийных ситуаций позволяет избежать дорогостоящих ремонтов и простоев.

Исследование связанных колебаний не только в теоретической, но и в практической части требует разработки и внедрения методологии измерения, а, соответственно, и определение наиболее эффективных методов измерения связанных колебаний судовых энергетических установок.

Измерение связанных колебаний позволяет не только диагностировать текущее состояние ГЭУ, но и осуществлять прогнозирование отказов. Такое прогнозирование обеспечивает разработку графиков планово-предупредительного ремонта, уменьшение вероятности внезапных отказов, что, например, критически важно для судов, находящихся в автономных плаваниях. Измерение связанных колебаний позволит учитывать конструкцию элементов ГЭУ, что приведет к более комфортным условиям для экипажей и пассажиров судов.

Изучение связанных колебаний ГЭУ открывает новые направления в области прикладной механики, вибродиагностики и систем управления. Результаты исследований могут быть использованы для разработки новых конструктивных решений, улучшения систем демпфирования и повышения общей надежности энергетических установок.

Список литературы:

1. Дьяченко, А. В. Применение микроэлектромеханических акселерометров в системах управления и диагностирования вибраций и колебаний / А. В. Дьяченко, А. Г. Кокуев // Технические средства систем управления и связи = International Scientific Forum on Control and Engineering : Материалы Международного научного форума. Материалы VI Международной конференции. Материалы 15-й Международной конференции, Астрахань, 03–07 октября 2022 года. – Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2022. – С. 208-211. – EDN NZMBNC.

2. Горбачев, М. М. Выбор методов постоянного мониторинга крутильных колебаний в судовых машинно-двигательных комплексах / М. М. Горбачев, В. В. Колыванов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2023. – № 2. – С. 54-65. – DOI 10.24143/2073-1574-2023-2-54-65. – EDN JYRACU.

3. Правила классификации и постройки судов (ПКПС). Москва. – 2019 г.;

4. Правила классификации и постройки морских судов. Санкт-Петербург. – 2024 г.;

5. DNV Rules for classification: ships // Part 4: Systems and Components. – 2021 г.

УДК 629.124

ОЦЕНКА БЕЗОТКАЗНОСТИ РАБОТЫ СУДОВЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

Ивановская Александра Витальевна¹, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры судовых энергетических установок

e-mail: invkerch@yandex.ru

Виноградов Владимир Николаевич¹, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры судовых энергетических установок

e-mail: aleksei.ivanovskii@yandex.ru

Ивановский Алексей Николаевич¹, кандидат технических наук, доцент кафедры судовождения и промышленного рыболовства

e-mail: aleksei.ivanovskii@yandex.ru

¹ Керченский государственный морской технологический университет, Керчь, Россия

Аннотация. Судовые вспомогательные механизмы, устройства и системы являются неотъемлемой частью судовой энергетической установки, обеспечивая требуемые эксплуатационные показатели судна и выполнение его технологического назначения. К таким механизмам относятся и палубные грузоподъемные устройства, тенденция развития которых определяется общим направлением объема механизации и автоматизации производственных операций с целью сокращения их трудоемкости, уменьшения эксплуатационных расходов и повышения надежности. На практике установлено, что реальный срок эксплуатации лебедки от заявленного времени наработки на отказ колеблется в пределах 40-80 %, что обусловлено особыми условиями работы. В работе рассматривается алгоритм оценки безотказности работы таких устройств.

Ключевые слова: рыбопромысловый флот, повышение эффективности, автоматизация промысла

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF MARINE LIFTING DEVICES

Ivanovskaya Alexandra Vitalievna¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Marine Power Plants

e-mail: invkerch@yandex.ru

Vinogradov Vladimir Nikolaevich¹, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Marine Power Plants

e-mail: aleksei.ivanovskii@yandex.ru

Ivanovsky Alexey Nikolaevich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Navigation and Industrial Fisheries

e-mail: aleksei.ivanovskii@yandex.ru

¹ Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russia

Abstract. Ship auxiliary mechanisms, devices and systems are an integral part of the ship's power plant, ensuring the required performance of the vessel and the fulfillment of its technological purpose. Such mechanisms include deck hoisting devices, the development trend of which is determined by the general direction of the volume of mechanization and automation of production operations in order to reduce their complexity, reduce operating costs and

Согласно ГОСТ 27.002-2015 [1], под надежностью следует понимать свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Надежность — это комплексное свойство, включающее в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Безопасность грузоподъемных устройств на судне подразумевает его состояние, риск возникновения аварии при котором ограничен допустимым уровнем нагрузки. Состояние оборудования при этом можно оценить как отличное, хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное, и которое зависит от возникающих условий опасности работы:

При данной классификации приняты следующие обозначения: T , $[T]$ - действующая нагрузка и ее допустимое значение; $R_{T \geq [T]}$, $[R]$ - риск и его допустимое значение.

Действующая нагрузка будет допустимой в том случае, когда появление случайных нагрузок ограничено превышающим допустимым уровнем или имеет незначительную частоту их воздействия, т.е. вероятность появления запредельного уровня нагрузки не превышает допустимую вероятность появления нагрузки больше ее расчетного значения

В основе системы прогнозирования безотказной работы лежат прогностические модели, которые могут быть приближенными к реальным условиям, упрощенными, расчетными и наоборот, учитывать возможные случайные процессы, возникающие при работе грузоподъемных устройств.

В соответствии с РТМ 24.090.25-76 Краны грузоподъемные. Расчет вероятности безотказной работы элементов [4] вероятность безотказной работы грузоподъемного оборудования можно рассчитать по формуле:

$$P(t) = 1 - \frac{1}{\frac{1}{4} \left[\Phi \left(\frac{T_{\max} - \langle T \rangle}{\sigma_T \sqrt{2}} \right) - \Phi \left(\frac{T_{\min} - \langle T \rangle}{\sigma_T \sqrt{2}} \right) \right] \left[\Phi \left(\frac{T_{0\max} - \langle T_0 \rangle}{\sigma_0 \sqrt{2}} \right) - \Phi \left(\frac{T_{0\min} - \langle T_0 \rangle}{\sigma_0 \sqrt{2}} \right) \right]} \frac{\sigma_T t_p \bar{n}}{\sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_0^2}} \exp \left[- \frac{(\langle T_0 \rangle - \langle T \rangle)^2}{\sigma_s^2 + \sigma_0^2} \right],$$

где $T(t)$ – случайная нагрузка; $T_{\max}, T_{\min}, T_{0\max}, T_{0\min}, \sigma_T, \sigma_0, \langle T \rangle, \langle T_0 \rangle$ – максимальное и минимальное значения, средние квадратические отклонения и математические ожидания нагрузки и ее опасного уровня соответственно.

Расчет по данной формуле возможен как на основе натуральных данных, так и по полученным теоретическим ранее авторами математическим моделям [5, 6] (рис. 1), в соответствии с разработанным алгоритмом (рис. 2).

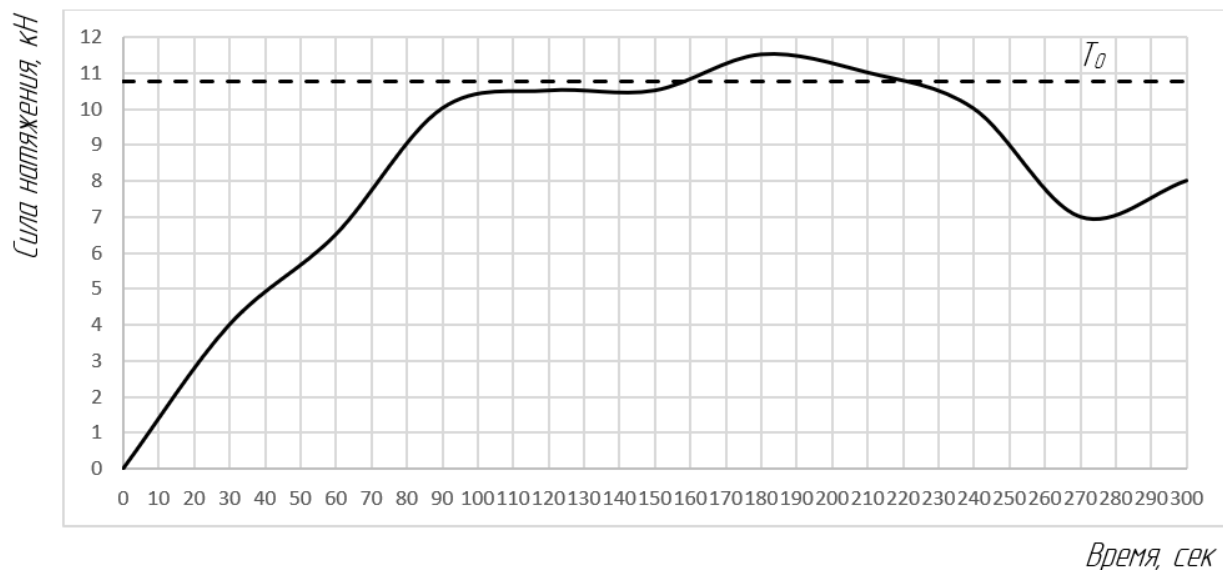


Рисунок 1 – Теоретическая динамограмма натяжения троса [5, 6]

В соответствии с полученными ранее теоретическими значениями $T_{\max} = 11,6 \text{ кН}; T_{\min} = 0 \text{ кН}$, $T_{0\max} = 11,6 \text{ кН}; T_{0\min} = 10,75 \text{ кН}$, $\langle T \rangle = 8,38 \text{ кН}; \langle T_0 \rangle = 11,16 \text{ кН}$ и $\sigma_T = 3,12 \text{ кН}; \sigma_0 = 0,31 \text{ кН}$ была рассчитана вероятность безотказной работы для проектируемого грузоподъемного устройства рыбопромыслового судна

$$C_0 = \frac{1}{\frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{11,6 - 8,38}{3,12 \sqrt{2}} \right) - \Phi \left(\frac{0 - 8,38}{3,12 \sqrt{2}} \right) \right]} \cdot \frac{1}{\frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{11,6 - 11,16}{0,31 \sqrt{2}} \right) - \Phi \left(\frac{10,75 - 11,16}{0,31 \sqrt{2}} \right) \right]} = 8,17,$$

$$P(t) = 0,56.$$

Полученное значение ниже рекомендуемого уровня 0,8. Следовательно, необходимо предусмотреть дополнительные меры повышения запаса прочности проектируемого оборудования.

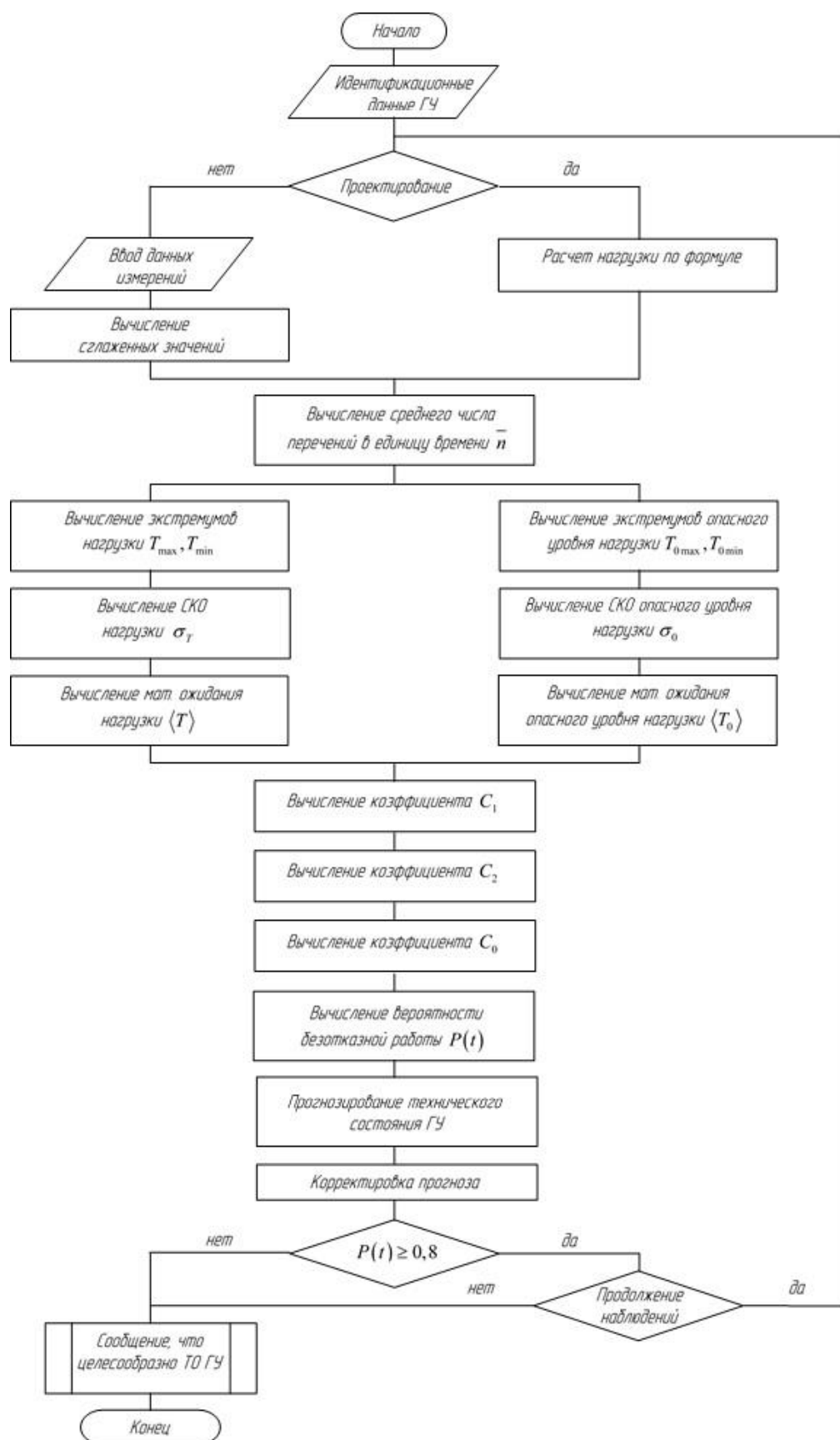


Рисунок 2 – Схема алгоритма оценки вероятности безотказной работы судового грузоподъемного устройства

Список литературы:

1. Российский морской регистр судоходства. Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов (в 4 томах). Том 4. – С-Пб.: Российский морской регистр судоходства, 2016. – 337 с.
2. ГОСТ 27.002-2015. Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2016.
3. ГОСТ 32579-2013. Межгосударственный стандарт. Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок. Части 1-5– Введ. 2015-06-01. – М.: Стандартиформ, 2015.
4. РТМ 24.090.25-76 Краны грузоподъемные. Расчет вероятности безотказной работы элементов. М.: Научно-исследовательский институт информации по тяжелому и транспортному машиностроению, 1978. – 38.
5. Ивановская А. В. Исследование динамики приводов грузоподъемных устройств рыбопромыслового судна / А. В. Ивановская, В. А. Жуков, В. В. Попов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2021. – Т. 13. – № 6. – С. 875-886.
6. Попов В. В. Особенности разработки системы адаптивного управления специальными судовыми устройствами на примере траловой лебедки рыбопромыслового судна / В. В. Попов, А. В. Ивановская, А. Н. Ивановский // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – № 76. – С. 111-119.



УДК 620.179.1

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ЛИКВАЦИИ И АНИЗОТРОПИИ В ДЕТАЛЯХ СУДО- И МАШИНОСТРОЕНИЯ

Камышев Аркадий Вадимович¹, к.т.н.

e-mail: avk-nn@mail.ru

Молочная Татьяна Васильевна², с.н.с., к.т.н. эксперт АСИ

e-mail: molochnaya_tv@mail.ru

Мизгирев Дмитрий Сергеевич³, профессор кафедры «Подъемно-транспортных машин и машиноремонта», д.т.н.

e-mail: MizgirevDS@yandex.ru

¹ ООО «ИНКОТЕС», Нижний Новгород, Россия

² ООО «НИЛИМ», Нижний Новгород, Россия

³ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Приведены результаты исследований, свидетельствующие о эксплуатационных разрушениях судовых валов и сварных нахлесточных соединений элементов различной толщины вследствие неметаллических включений, участков обезуглероженности и локальной анизотропии механических свойств, обусловленных технологической наследственностью и эксплуатационной деградацией структуры металла. Обоснован способ неразрушающего акустического контроля нарушений структуры металла в деталях судостроения, в том числе, анизотропии в изделиях.

Ключевые слова: Неразрушающий контроль ликвации и анизотропии, анализ разрушения, судовые валы, сварные нахлесточные соединения, структурные изменения материала, скорость распространения ультразвуковых волн, микроструктурно-чувствительные акустические параметры

MODERN TECHNOLOGIES OF NON-DESTRUCTIVE TESTING OF LIQUATION AND ANISOTROPY IN THE DETAILS OF SHIPBUILDING AND MECHANICAL ENGINEERING

Kamyshev Arkadyi Vadimovich¹, Candidate of Technical Sciences

e-mail: avk-nn@mail.ru

Moloshnaya Tatyana Vasilevna², Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Expert of Agency for Strategic Initiatives

e-mail: molochnaya_tv@mail.ru

Mizgirev Dmitry Sergeevich³, Professor of the Department of Lifting and Transport Machinery and Machine Repair, Doctor of Technical Sciences

¹ INCOTES LLC, Nizhny Novgorod, Russia

² NILIM LLC, Nizhny Novgorod, Russia

³ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The research results are presented, indicating the operational destruction of ship shafts and welded lap joints of elements of various thicknesses due to non-metallic inclusions, areas of decarbonization and local anisotropy of mechanical properties due to technological

heredity and operational degradation of the metal structure. The method of non-destructive acoustic control of violations of the metal structure in the details of shipbuilding and mechanical engineering, including anisotropy in products, is substantiated.

Keywords: Non-destructive testing of liquation and anisotropy, fracture analysis, ship shafts, welded lap joints, structural changes of the material, velocity of propagation of ultrasonic waves, microstructurally sensitive acoustic parameters

Практика экспертной работы показала, что одной из причин преждевременного разрушения деталей при эксплуатации является возникновение в них при изготовлении, либо в процессе эксплуатации участков структурной и химической неоднородностей. К таковым, в первую очередь, относятся неметаллические включения и участки обезуглероженности. Их появление обусловлено протеканием в металле ликвационных процессов. В качестве примера можно привести неоднократные случаи разрушений при эксплуатации судовых валов, восстановленных наплавкой, представленные на рисунке 1.

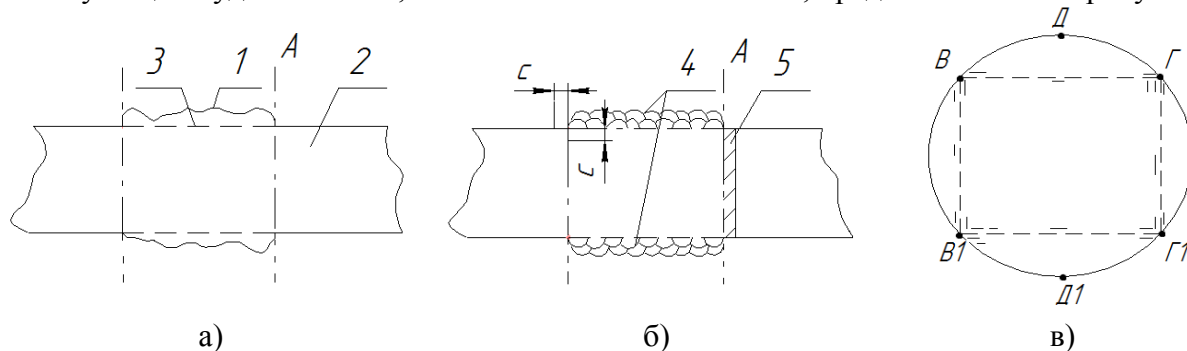


Рисунок 1 - Разрушения при эксплуатации судовых валов, восстановленных наплавкой
а) и б) - виды вала перед наплавкой и после нее, в) – опасное сечение А.

1-наплавленная поверхность; 2 – неподлежащая наплавке поверхность вала; 3 - остатки бывшей наплавки на поверхности вала; 4 – наплавка вала после его восстановления до исходных размеров; 5 – опасный участок, подверженный термическому воздействию; с- зона термического влияния наплавки

Разрушение в процессе эксплуатации происходит в опасном сечении А (рис. 1 б, в), в котором имеет место выход скоплений неметаллических включений на поверхность вала в месте сосредоточения нескольких концентраторов напряжений в точках В, В1 и Г, Г1.

Другой причиной снижения надежности и долговечности деталей, является структурная анизотропия материала, результатом которой является анизотропия его механических свойств [3...5]. В частности, это характерно для свариваемых элементов нахлесточных соединений и для изделий, полученных с применением аддитивных технологий (АД). В первом случае анизотропия механических свойств обусловлена особенностями межзеренной микроструктуры (МК), ориентированной в направлении преимущественного течения металла. Во втором случае - направление анизотропии соответствует направлению изготовления (выращивания) детали.

Также необходимо отметить необходимость контроля структуры металла нахлесточных сварных соединений на наличие неметаллической фазы

Очевидно, что для своевременного выявления участков структурной неоднородности, таких как зоны ликваций и структурной анизотропии в ответственных деталях судостроения актуальным является разработка и внедрение технологий неразрушающего контроля структуры металла в процессе производства и эксплуатации.

Наиболее перспективным направлением создания таких технологий является использование микроструктурно-чувствительных акустических параметров (МСА-параметров). МСА-параметры определяются как нормированные величины отклонения отношений скоростей продольной и сдвиговых волн от значений, характерных для «базового состояния» структуры металла. В качестве «базовых» используются значения, полученные по результатам предварительных исследований, структуры металла однотипных изделий, качество которых верифицировано стандартными методами металлографии.

Существенным преимуществом использования МСА-параметров является возможность оценки состояния структуры по всей толщине металла контролируемого изделия. Другим преимуществом МСА-параметров является возможность выявления дефектов структуры как ненаправленного (например, наличие неметаллической фазы), так и направленного (анизотропного) характера.

МСА-параметры (Δ_1 , Δ_2 , a_0), впервые введенные в [6], определяются соотношениями:

$$\begin{aligned}\Delta_{1,2}(\%) &= \left(\frac{d_{1,2}}{d_T} - 1 \right) \cdot 100\%, \\ a_0(\%) &= \Delta_2 - \Delta_1, \\ d_1 &= \frac{V_p}{V_{s1}}, \\ d_2 &= \frac{V_p}{V_{s2}}\end{aligned}\quad (1)$$

где: V_{s1} , V_{s2} , V_p - скорости распространения ортогонально поляризованных сдвиговых волн и продольной волны;

d_T – «базовое» значение отношение скоростей продольной и сдвиговой волн, полученное по результатам предварительных исследований (в источнике [6] приведено соотношение, устанавливающее связь этого параметра с локальным значением коэффициента Пуассона в точке измерения).

При практическом использовании, значения МСА-параметров определяются по результатам измерений эхо-импульсным методом времен распространения (задержек) акустических сигналов соответствующих типов волн t_{s1} , t_{s2} , t_p , что позволяет исключить влияние вариаций толщины изделия на точность измерений.

С учетом этого значения параметров d_1 и d_2 можно представить в виде:

$$\begin{aligned}d_1 &= \frac{t_{s1}}{t_p}, \\ d_2 &= \frac{t_{s2}}{t_p}\end{aligned}\quad (2)$$

В [6] на базе модели упругой среды с контрастно-мягкими включениями обоснована связь МСА-параметров с вариациями интегральной продольной и сдвиговой податливостей, определяющих вариации локальных значений упругих модулей.

С необходимой точностью ($\sim 10^{-2}$ %) МСА-параметры могут измеряться с использованием прибора ИН-5101А, реализующий погрешность измерения задержек акустических сигналов не более 15 нс в диапазоне до 150 мкс (сертификат об утверждении типа СИ №87772-22 от 26.12.2022 г.).

Примеры использования МСА-параметров для определения отклонений структуры металла от «базового» состояния приведены в [6, 7], в том числе:

- изменение параметров Δ_1 и Δ_2 при вариациях фазовой структуры (мартенсит, феррит-перлит) и размеров зерна, в зависимости от значений твердости. Показана корреляция значений, указанных МСА-параметров с значениями твердости, при этом значение акустической анизотропии a_0 не меняется;
- зависимость акустической анизотропии a_0 от степени пластической деформации при одноосном растяжении;
- зависимость параметров Δ_1 и Δ_2 от изменений структуры металла при нарушении режима термообработки;
- зависимость акустической анизотропии a_0 от степени развития столбчатых структур в наплавленном металле сварных соединений.

Выводы:

1. Обоснована возможность использования неразрушающего акустического контроля с применением МСА-параметров для оценки качества изготовления ответственных деталей судо- и машиностроения, в том числе, для оценки степени структурной анизотропии материала при выполнении нахлесточных сварных соединений и при применении аддитивных технологий.
2. Обоснована возможность использования МСА-параметров для эксплуатационного неразрушающего контроля деградации структуры металла, в том числе при выпадении неметаллической фазы и образовании зон обезуглероженности металла.

Список литературы:

1. Патент на изобретение RU 2537418 C2, 10.01 2015 «Способ ремонта валов». Авторы: Молочная Т.В., Курников А.С., Мизгирев Д.С. Патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Малое инновационное предприятие «Энергосберегающие технологии». Заявл. 10.01.2013, опубл. 20.07.2014 – Бюл. №20.
2. Патент на изобретение RU 2599656 C2 12.01 2015 «Способ восстановления детали наплавкой». Авторы: Молочная Т.В., Курников А.С., Мизгирев Д.С. Патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Малое инновационное предприятие «Энергосберегающие технологии». Заявл. 12.01.2015, опубл. 10.10.2016 – Бюл. №28.
3. Патент на изобретение RU2715408 C1 29 «Способ контроля нахлесточного сварного соединения элементов различной толщины». Авторы: Молочная Т.В., Молочный О.В. Патентообладатель: Молочная Т.В., Молочный О.В. Заявл. 29.10.2018, опубл. 27.02.2020 – Бюл. №6.
4. Аддитивные технологии и 3D технологии. 7 историй успеха. Электронный ресурс: https://habr.com/ru/companies/iqb_technologies/articles/440896/ Доступ открыт.
5. Попович А.А., Суфияров В.Ш., Борисов Е.Б., Полозов И.А, Масайло Д.В., Григорьев А.В. «Анизотропия механических свойств изделий, изготовленных методом селективного лазерного плавления порошковых материалов» Известия ВУЗов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия, 2016 - с.4-11.
6. Пасманик Л.А., Камышев А.В., Радостин А.В., Зайцев В.Ю. Параметры акустической неоднородности для неразрушающей оценки влияния технологии изготовления и эксплуатационной поврежденности на структуру металла. / Дефектоскопия. 2020. № 12. С. 24-36. DOI: 10.31857/S0130308220120039.
7. Пасманик Л.А., Камышев А.В., Радостин А.В., Зайцев В.Ю. Применение микроструктурно-чувствительных акустических параметров для неразрушающей оценки прочностных характеристик металла. / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2021. т.87. №19. С26-33. DOI: <https://dpi.org/10.26896/1028-6861-2021-87-10-26-33>.

УДК 629.123

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Коваленко Юрий Валентинович¹, доцент*e-mail: не сообщил***Коваль Василий Романович¹**, бакалавриат*e-mail: vasilii0348961x0@gmail.com***Журавлев Дмитрий Андреевич¹**, бакалавриат*e-mail: dmitriy.zhuravlev.2004@mail.ru*

¹ Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского, г. Владивосток, Россия

Аннотация. Судостроительная отрасль играет ключевую роль в мировой экономике, обеспечивая перевозку товаров и пассажиров по морям и океанам. Однако она сталкивается с множеством проблем, включая высокую конкуренцию, экологические вызовы, нехватку квалифицированных кадров и санкции. В данной статье рассматриваются основные проблемы судостроительного производства, а также предлагаются пути его развития через внедрение инновационных технологий, устойчивое развитие и международное сотрудничество. Ожидается, что активные действия в этих направлениях позволят отрасли не только преодолеть текущие трудности, но и занять лидирующие позиции на мировом рынке.

Ключевые слова. Судостроение, проблемы, конкуренция, экология, технологии, квалификация кадров, международное сотрудничество, устойчивое развитие.

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE SHIPBUILDING INDUSTRY

Kovalenko Yuri Valentinovich¹, Associate Professor, Candidate of Economic Sciences*e-mail: not stated***Koval Vasiliy Romanovich¹**, Bachelor's Degree Student*e-mail: vasilii0348961x0@gmail.com***Zhuravlev Dmitry Andreevich¹**, Bachelor's Degree Student*e-mail: dmitriy.zhuravlev.2004@mail.ru*

¹ Marine State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok, Russia

Abstract: The shipbuilding industry plays a key role in the global economy by facilitating the transportation of goods and passengers across seas and oceans. However, it faces numerous challenges, including intense competition, ecological issues, a shortage of qualified personnel, and sanctions. This paper examines the main problems of shipbuilding production and proposes pathways for its development through the implementation of innovative technologies, sustainable practices, and international cooperation. It is expected that proactive measures in these areas will not only help the industry overcome current difficulties but also enable it to achieve leading positions in the global market.

Keywords: Shipbuilding, problems, competition, ecology, technologies, workforce qualification, international cooperation, sustainable development.

Судостроительная отрасль занимает значительное место в мировой экономике, обеспечивая перевозку грузов и пассажиров по разным водоемам. По данным Международной морской организации (ИМО), более 80% мирового товарооборота осуществляется морским транспортом, что показывает его значимость для глобальной торговли. В 2022 году общий объем мирового флота составил около 2,1 миллиарда брутто-регистрационных тонн (GRT), что соответствует приблизительно 90 000 различных судов. Однако, несмотря на свою важность, судостроительная отрасль сталкивается с множеством проблем, требующих комплексного подхода к решению. В последние годы многие судостроительные компании отмечают снижение объемов заказов из-за экономической нестабильности и изменения потребительских предпочтений. В этом реферате мы рассмотрим основные проблемы судостроительного производства, а также возможные пути его развития с учетом числовых данных и статистики.

Значение судостроительного производства

Судостроение является ключевым сегментом глобальной экономики, обеспечивая не только транспортировку товаров, но и создание рабочих мест, развитие смежных отраслей и технологий. По данным Всемирной ассоциации судостроителей (World Shipbuilding Association), в 2021 году в судостроительной сфере работало более 1,5 миллиона человек по всему миру, включая инженеров, рабочих и специалистов по обслуживанию. Судостроение также способствует развитию таких сопутствующих отраслей, как металлургия, электроника и информационные технологии, которые поставляют необходимые компоненты и материалы. Например, компания Hyundai Heavy Industries, один из крупнейших производителей судов в мире, активно сотрудничает с местными поставщиками, что способствует экономическому росту Южной Кореи. Кроме того, морской транспорт является наиболее экологически чистым способом перевозки грузов. Согласно данным ИМО, углеродный след морского транспорта составляет всего 0,1-0,2 г CO₂ на тонну-километр, что значительно ниже, чем у автомобильного или авиационного транспорта. Это делает судоходство более привлекательным с точки зрения устойчивого развития. Таким образом, развитие судостроительного производства не только способствует экономическому росту, но и помогает достигать целей устойчивого развития и снижения воздействия на климат.

Проблемы судостроительного производства

Конкуренция на мировом рынке

Проблемы и перспективы развития судостроительного производства

Одной из основных проблем судостроительного производства является высокая конкуренция на международном рынке. По данным Clarkson Research Services, в 2022 году объем заказов на новые суда составил около 20 миллионов GRT, при этом Южная Корея (7,5 миллиона GRT), Китай (8 миллионов GRT) и Япония (3 миллиона GRT) занимали более 80% этого рынка. В то же время страны с менее развитыми судостроительными отраслями, такие как Россия или Индия, сталкиваются с трудностями в привлечении заказов из-за высоких цен и недостатка технологий. Например, российские верфи, такие как «Северная верфь», испытывают трудности с получением крупных контрактов на строительство танкеров и контейнеровозов из-за конкуренции со стороны китайских производителей, которые предлагают более низкие цены и короткие сроки выполнения заказов. Это приводит к снижению загрузки мощностей и сокращению рабочих мест в российской судостроительной отрасли.

Экологические проблемы

Судостроительная отрасль также сталкивается с серьезными экологическими проблемами. По данным ИМО, морской транспорт отвечает за около 2-3% мировых выбросов углекислого газа. В связи с этим международные организации разрабатывают

новые стандарты и нормы для уменьшения воздействия судов на окружающую среду. Например, в 2020 году ИМО приняла стратегию по снижению выбросов парниковых газов на 50% к 2050 году по сравнению с уровнями 2008 года. Внедрение технологий очистки выбросов, таких как системы очистки выхлопных газов (scrubbers), становится необходимым для соблюдения этих норм, но требует значительных инвестиций. К примеру, установка scrubbers на танкеры может стоить от 2 до 5 миллионов долларов за судно. Это создает дополнительные финансовые нагрузки на судовладельцев и может привести к увеличению стоимости фрахта для конечных потребителей.

Технологические вызовы

Судостроение требует постоянного внедрения новых технологий для повышения эффективности и безопасности. Однако многие предприятия сталкиваются с проблемами модернизации производственных мощностей и недостатком инвестиций в научные исследования и разработки. По данным отчета Deloitte, только 15% судостроительных компаний активно инвестируют в новые технологии. Это приводит к отставанию в технологическом развитии и снижению конкурентоспособности. Например, устаревшие производственные процессы могут приводить к увеличению времени строительства судов на 20-30% и повышению их стоимости. В случае с верфью «Звезда» в России реализация проектов по строительству ледоколов затягивается из-за отсутствия современных технологий проектирования и производства. Это также негативно сказывается на репутации компании среди международных клиентов.

Нехватка квалифицированных кадров

Кадровый дефицит является еще одной серьезной проблемой для судостроительной отрасли. Согласно исследованию World Maritime University, к 2025 году мировой рынок труда в области судоходства столкнется с нехваткой более 150 тысяч моряков и специалистов на берегу. Сложность технологий и необходимость высокой квалификации специалистов делают эту профессию менее привлекательной для молодежи. В некоторых странах, таких как Филиппины, где традиционно много моряков, наблюдается отток кадров из-за низких зарплат и условий труда. Например, по данным исследования ManpowerGroup, около 40% молодых специалистов не рассматривают карьеру в судостроении из-за недостатка информации о возможностях роста и низкой заработной платы по сравнению с другими отраслями.

Влияние санкций на качество и скорость работы судостроительного производства

Санкции оказывают значительное влияние на качество и скорость работы судостроительных предприятий. Например, введенные против России санкции в 2014 году и усиленные в 2022 году ограничили доступ к современным технологиям и комплектующим материалам из стран Запада. По оценкам экспертов, это привело к увеличению сроков строительства судов на 30-50%, так как верфи вынуждены искать альтернативные поставщики или разрабатывать собственные решения. К тому же снижение доступности высококачественных материалов негативно сказывается на качестве построенных судов. Например, использование менее качественных сталей может привести к увеличению вероятности коррозии и сокращению срока службы судна. В результате многие российские верфи сталкиваются с проблемами при выполнении контрактов и теряют доверие со стороны клиентов.

Перспективы развития судостроительного производства

Инновационные технологии

Одним из ключевых направлений развития судостроительной отрасли является внедрение инновационных технологий. Разработка новых материалов, таких как композиты и легкие сплавы, позволяет создавать более эффективные и экологически чистые суда. Например, использование композитных материалов может снизить вес судна

на 20-30%, что в свою очередь уменьшает расход топлива на 10-15%. Кроме того, применение автоматизации и цифровизации процессов (например, использование CAD/CAM систем) способствует повышению производительности и снижению затрат. К примеру, компания Rolls-Royce активно внедряет технологии дистанционного управления судами и автономные системы навигации, что позволяет сократить количество экипажа и повысить безопасность плавания.

Повышение квалификации кадров

Для решения проблемы нехватки квалифицированных кадров необходимо активно развивать образовательные программы в области судостроения. Сотрудничество между учебными заведениями и промышленностью поможет подготовить специалистов, соответствующих современным требованиям. Важно также привлекать молодежь к профессии через программы стажировок и практик на предприятиях. Например, по данным Baltic Sea Academy, более 60% студентов, прошедших стажировку в судостроительных компаниях, остаются работать в этой отрасли после окончания учебы. В России такие инициативы реализуются через программы «Молодежь России», которые предлагают стажировки на крупных верфях.

Развитие международного сотрудничества

Судостроительная отрасль может выиграть от активного международного сотрудничества. Обмен опытом, совместные проекты и исследования помогут странам с развивающимися рынками улучшить свои позиции на мировом рынке. Создание международных альянсов может способствовать повышению конкурентоспособности и внедрению лучших практик. Например в рамках инициативы Global Maritime Forum страны могут совместно разрабатывать стратегии по устойчивому развитию судоходства. Также стоит отметить успешное сотрудничество между Китаем и Европой в области разработки новых технологий для строительства экосудов.

Инвестиции в инфраструктуру

Для успешного развития судостроительной отрасли необходимы инвестиции в инфраструктуру портов и верфей. Современные порты должны быть оснащены передовым оборудованием для обработки грузов и обслуживания судов что позволит сократить время простоя и повысить эффективность работы всей логистической цепочки. По данным Всемирного банка инвестиции в портовую инфраструктуру могут увеличить производительность морского транспорта на 10-20%. Например модернизация порта Гамбург обошлась более чем в 1 миллиард евро и позволила увеличить пропускную способность порта на 25% что сделало его одним из самых эффективных портов Европы.

Заключение

Судостроительное производство сталкивается с множеством проблем: от высокой конкуренции до экологических вызовов и нехватки квалифицированных кадров. Однако у этой важной отрасли есть значительные перспективы для развития через внедрение инновационных технологий, устойчивое развитие и международное сотрудничество. Поскольку:

Во-первых, внедрение современных технологий может существенно повысить эффективность работы верфей и снизить затраты на строительство новых судов:

- Автоматизация процессов позволяет сократить время строительства до 20-30%, что особенно актуально в условиях жесткой конкуренции.
- Использование композитных материалов может снизить вес судна на 20-30%, что уменьшает расход топлива на 10-15%.

Во-вторых, устойчивое развитие становится важным приоритетом для многих компаний в свете глобальных климатических изменений:

- Судостроительные компании должны адаптироваться к новым экологическим требованиям путем разработки «зеленых» технологий.
- Ожидается увеличение доли «зеленых» судов до 30% к 2030 году, что будет способствовать снижению углеродного следа морского транспорта.

В-третьих, необходимо обратить внимание на подготовку кадров для отрасли через активное сотрудничество между образовательными учреждениями и промышленностью:

- Создание программ стажировок поможет привлечь молодежь к профессии; 60% студентов после стажировок остаются работать в отрасли.
- Ожидается нехватка более 150 тысяч специалистов к 2025 году, что подчеркивает необходимость активных действий.

Кроме того международное сотрудничество может стать ключевым фактором успеха для стран с развивающимися рынками:

- Обмен опытом между странами позволит внедрять лучшие практики.
- Создание международных альянсов может увеличить конкурентоспособность страны.

Наконец инвестиции в инфраструктуру портов и верфей играют критическую роль:

- Каждая вложенная долларовая единица в портовую инфраструктуру может привести к увеличению валового внутреннего продукта (ВВП) страны на \$3-\$4 благодаря росту товарооборота.
- Модернизация портовой инфраструктуры может увеличить производительность морского транспорта на 10-20%, что непосредственно влияет на экономику стран.

Таким образом, несмотря на существующие проблемы у судостроительной отрасли есть все шансы не только выжить в условиях изменяющейся экономики но и занять лидирующие позиции благодаря инновациям и устойчивому развитию.

Список литературы:

- 1 International Maritime Organization (IMO). (2020). "Greenhouse Gas Emissions from Ships." Доступно: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/GHG.aspx> (дата обращения: 15 октября 2023).
- 2 Clarkson Research Services Ltd. (2022). "Global Shipbuilding Market Report." Доступно: <https://www.clarksons.com/> (дата обращения: 15 октября 2023).
- 3 Deloitte Insights (2021). "Future of Shipbuilding: Trends and Challenges." Доступно: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/manufacturing/articles/future-of-shipbuilding.html> (дата обращения: 15 октября 2023).
- 4 World Maritime University (WMU). (2021). "The Future of Shipbuilding: Trends and Challenges." Malmö: WMU Press.
- 5 Baltic Sea Academy (2022). "Maritime Education and Training: Current Trends." Доступно: <https://www.balticseaacademy.eu/> (дата обращения: 15 октября 2023).
- 6 Всемирный банк (2021). "Investing in Port Infrastructure: A Global Perspective." Вашингтон: Всемирный банк.
- 7 ManpowerGroup (2020). "The Future of Work: The Skills Gap." Доступно: <https://www.manpowergroup.com/> (дата обращения: 15 октября 2023).

УДК 629.12

РАЗВИТИЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО И СУДОРЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Коваленко Юрий Валентинович¹, Кандидат экономических наук, доцент

e-mail: kovalenkou900@gmail.com

Худаев Павел Алексеевич¹, студент

e-mail: pxudaev@mail.ru

Жук Кирилл Андреевич¹, студент

e-mail: kiz114@mail.ru

¹ ФГБОУ ВО “Морской Государственный Университет имени адм.Г.И.Невельского”
г.Владивосток, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы судостроительной отрасли Приморского края, который имеет стратегическое положение на Дальнем Востоке России. Обсуждаются ключевые факторы, способствующие развитию судостроения в регионе, включая доступ к морским путям и поддержку со стороны властей. Анализируются текущие проекты, инновационные технологии и потенциальные инвестиции.

Ключевые слова: судостроение, судоремонт, Дальний восток, верфь, ледовый класс, Приморский край

DEVELOPMENT OF SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR PRODUCTION ON WATER TRANSPORT IN PRIMORSKY KRAI

Kovalenko Yuri Valentinovich¹, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

e-mail: kovalenkou900@gmail.com

Khudaev Pavel Alekseevich¹, student

e-mail: pxudaev@mail.ru

Zhuk Kirill Andreyevich¹, student

e-mail: kiz114@mail.ru

¹ Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy Vladivostok, Russia

Abstract. The article discusses the prospects of the shipbuilding industry in Primorsky Krai, which has a strategic position in the Russian Far East. It discusses key factors contributing to the development of shipbuilding in the region, including access to sea routes and support from the authorities. Current projects, innovative technologies and potential investments are analyzed.

Keywords: shipbuilding, ship repair, Far East, shipyard, ice class, Primorsky Krai

Судостроительная и судоремонтная отрасли являются особо важной и стратегически необходимой частью российской промышленности. Технический и производственный потенциал данной сферы позволяет удовлетворять потребности государства в морском, а также внутреннем водном транспорте.

Судостроение оказывает влияние не только на экономику регионов, где производится строительство, но и всей страны. Это отражает заинтересованность, поэтому на местах расположения судостроительных и судоремонтных предприятий создаются особые экономические зоны, которые имеют цель продвинуть вперед и активизировать потенциал. Но несмотря на всю важность данного сектора, за последние годы в отрасли наблюдается безостановочное устаревание и вывод из эксплуатации судов, возраст которых превышает нормативные сроки службы. Возникшие проблемы также связаны с введением против России международных санкций. Это повлияло на те сферы, где раньше экономически выгодно было прибегнуть к использованию мощностей производства иностранных предприятий и судовой верфей. С другой стороны, данные события позволили начать развитие технологий и производства необходимой продукции внутри страны. Величина финансовых вложений в разработку однозначно является огромной, но это позволит иметь гарантии того, что поставки не прекратятся.

Особенное развитие получает Дальневосточный регион, ведь как минимум более 60 процентов об общего улова рыбы и других морепродуктов в России приходится на Тихий океан. Также в результате принятия решения о переориентации российской политики на Восток и страны Азии меняются основные международные транспортные артерии, для которых необходимо снабжение судами и оборудованием для их функционирования. Например, судостроительная и судоремонтная отрасли Приморского края формируют в основном 13 предприятий, представленных в различных частях региона, сконцентрированных по юго-восточному побережью Приморья.

В результате расширения мощностей ОАО «Дальневосточный завод «Звезда» в городе Большой Камень по поручению Президента и Правительства Российской Федерации Консорциумом АО «Роснефтегаз», ПАО «НК «Роснефть» и АО «Газпромбанк» был образован Судостроительный комплекс «Звезда», который стал первой в России верфью крупнотоннажного судостроения, для работы в условиях Арктики, судов водоизмещением до 350 тыс. тонн, а также коммерческих судов для транспортировки грузов по внутренним и внешним морским путям, танкеров типа «Афрамекс» проекта 114К дедвейтом 114 тысяч тонн. Помимо этого, производятся суда ледового класса проекта IBSV 10022 АН, ориентированных на выполнение перевозок грузов для морских буровых установок, ледокольных операций и других задач. По оценке госкорпорации «Росатом» для реализации проекта работ на Северном морском пути необходимо создание более 50 новых судов ледовых классов Arc4-7. Суда данного класса производятся на ССК «Звезда». Так арктический танкер-челнок ледового класса Arc 6 дедвейтом 69 тысяч тонн способен осуществлять самостоятельную навигацию без необходимости ледокольного сопровождения по Арктике при льдах толщиной до 1,1 метра в зимне-весеннюю навигацию, и до 1,7 метров в летне-осеннюю. Ледокольные танкера-газовозы СПГ класса Arc 7 являются одними из наиболее технологически сложных в постройке инновационных судов, каждое из которых имеет вместимость более 172 тысяч кубометров. Благодаря современным технологиям комплекс портфель заказов ССК «Звезда» расписан до 2037 года, при плане в создании 92 грузовых судов ледового класса. В это число входит самый передовой проект атомного ледокола 10510 «Лидер» (ЛК-120Я) мощностью 120 МВт с ядерной силовой установкой, финансирование которого полностью обеспечивается из федерального бюджета России в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.01.2020 № 11 "Об осуществлении бюджетных инвестиций в строительство головного атомного ледокола проекта 10510 «Лидер».

В городе Владивосток работает АО «Восточная верфь», созданная на базе судоремонтных мастерских на берегу бухты Малый Улисс залива Петра Великого. На данный момент основное строительство связано с военными кораблями, катерами и

другими сооружениями, так, например, 15 ноября 2023 года были представлены два полутяжелых плавучих металлических причала проекта ПМ-61М1 по государственному заказу в интересах Тихоокеанского флота. Помимо этого, также реализуется строительство для рыболовной промышленности судами-ярусоловами проекта 03142 и серии краболовных судов проекта 03140 и 03141 в рамках проекта инвестиционной программы «Квоты под киль». Современные суда значительно расширяют функционал промышленности России, ведь важным аспектом судов проекта 03141 является то, что позволяет перевозить морепродукты живыми, так и производить заморозку на самом судне без необходимости выгрузки на берег, что значительно оптимизирует сроки и затраты. Эти суда приходят на замену устаревшим, которые имели различные ограничения. Они имеют неограниченный район плавания, а ледовый класс допускает эксплуатацию в мелкобитом льду толщиной до полуметра. Таким судном является краболов «Андрей Басарагин», принятый 15 ноября 2024 года в эксплуатацию по проекту СК «Викинг».

Опираясь на цели полномасштабного развития отрасли, правительство Приморья совместно с Корпорацией развития Дальнего Востока и Арктики (КРДВ) выступило с инициативой создания в регионе специального кластера. Вступить в него уже готовы ООО «ССК «Звезда», ООО «Кораблестроение и композиты», Центр судостроения «Дальзавод», ПАО «Славянский СРЗ», ООО «Приморский металлургический завод», ООО «Завод ВРК Сапфир», ПАО «Завод «Варяг», ПАО «Дальприбор», ООО «Бриз ПАМП». Это решение позволит наладить взаимосвязь между предприятиями для реализации общей продукции, что в свою очередь позволит получить доступ к некоторым особым программам господдержки, а именно снижение тарифов на страховые взносы, таможенный мониторинг, субсидии на возмещение части затрат. Также в меры поддержки включена программа, по которой предприятия могут возместить половину от затраченных денежных средств на сумму до 150 млн рублей, потраченных на покупку стартовых партий импортозамещающих комплектующих, разработанных в рамках объединения. Такой подход в судостроительной сфере позволяет обрести независимость от иностранных предприятий. С данным заявлением выступил глава Минпромторга Приморья Сергей Калитин 28 марта 2024 года. Позже 30-31 мая 2024 года в рамках проведения мероприятия «Морской конгресс Дальний Восток» во Владивостоке губернатор Приморского края Олег Кожемяко заявил, что за три года выпущено 49 судов различного класса. Приморские судостроители до конца 2024 года планируют обеспечить выпуск еще 18 судов, семь из которых по программе "квоты под киль". Всего в портфеле судостроителей по этой государственной программе - 21 судно.

В сентябрь 2024 года прошел «IX Восточный экономический форум (ВЭФ)» в ходе которого представители Объединенной судостроительной корпорации (ОСК) предоставили президенту РФ Владимиру Путину проект новой масштабной судостроительной верфи, а также показали с борта катера предлагаемое место размещение верфи, находящееся в бухте Промежуточная во Владивостоке. Проект рассчитан на строительство судов для торгового флота России производительностью около 12 единиц в год, в которые входят балкеры и танкеры дедвейтом до 80 тысяч тонн, контейнеровозы с вместительностью до 6 тысяч ДФЭ, длиной до 300 метров и шириной до 46 метров, а также танкеры-газовозы СПГ вместимостью до 170 тысяч м³. Предполагается ориентировочный срок реализации проекта в 2031-2032 годы.

В рамках консолидации отрасли судостроения и судоремонта было подписано трехстороннее соглашение между ОСК, ВТБ и «Роснефтью», которая является владельцем ССК «Звезда» с 2012 года, о проведении оценки судостроительной верфи «Звезда» для его

возможного вхождения в Объединенную судостроительную корпорация (ОСК, находящуюся в доверительном управлении Банка ВТБ).

Таким образом, реализация комплексных решений в разработке современной судостроительной и судоремонтной отрасли показывает важность рассмотрения этого вопроса в повестке экономического развития Российской Федерации, как во внутренней, так и во внешней политике.

Список литературы:

1. Исаев А.Г. Судостроительная промышленность России и Дальнего Востока: состояние и перспективы развития // Регионалистика. Т.3. №2. С
2. Осипова В.А., Астафурова И.С., Жилина Л.Н. Проблемы развития судостроительно судоремонтного комплекса Дальнего Востока России. – Владивосток: Изд. Во ВГУЭС. 2014. – 204 с.
3. Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.01.2020 № 11 "Об осуществлении бюджетных инвестиций в строительство головного атомного ледокола проекта 10510 «Лидер».
4. Проекты судостроительного комплекса «Звезда». URL: <https://www.sskzvezda.ru/index.php/project> (дата обращения 29.11.2024)
5. Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 N 3363-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года».



УДК 629.124

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Логунова Наталья Анатольевна¹, доктор экономических наук, доцент, проректор по науке

e-mail: natalya_logunova@mail.ru

Ивановская Александра Витальевна¹, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры судовых энергетических установок

e-mail: invkerch@yandex.ru

¹ Керченский государственный морской технологический университет, Керчь, Россия

Аннотация. Рыбохозяйственный комплекс Крыма, ранее вносивший весомый вклад в региональное развитие как бюджетообразующий и социально значимый сектор экономики страны, решающий проблему продовольственной безопасности и обеспечивающий высокий уровень занятости населения региона с достойным доходом, на сегодняшний день находится в весьма «плачевном» состоянии: частичное разрушение объектов водной и береговой инфраструктуры; слабая материально-техническая база; потеря океанического рыболовства; недостаточно реализованный потенциал аква- и марикультуры и т.п. – всё это привело к неэффективному функционированию предприятий рыбной отрасли и утрате конкурентных преимуществ региона. В работе рассмотрены проблемы неэффективного развития рыбопромыслового флота в Крыму, определены мероприятия по повышению энергоэффективности рыбопромысловых судов и автоматизации промысла.

Ключевые слова: рыбопромысловый флот, повышение эффективности, автоматизация промысла

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE FISHING FLEET OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

Logunova Natalia Anatolyevna¹, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Vice Rector for Science

e-mail: natalya_logunova@mail.ru

Ivanovskaya Alexandra Vitalievna¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Marine Power Plants

e-mail: invkerch@yandex.ru

¹ Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russia

Abstract. The fisheries complex of Crimea, which previously made a significant contribution to regional development as a budget-forming and socially significant sector of the country's economy, solving the problem of food security and ensuring a high level of employment for the region's population with a decent income, is currently in a very "deplorable" state: partial destruction of water and coastal infrastructure facilities; weak material and technical base; the loss of oceanic fishing; the insufficiently realized potential of aqua and mariculture, etc. - all this led to the inefficient functioning of fishing industry enterprises and the loss of the region's competitive advantages. The paper considers the problems of inefficient development of the

fishing fleet in the Crimea, identifies measures to improve the energy efficiency of fishing vessels and automation of fishing.

Keywords: fishing fleet, efficiency improvement, automation of fishing.

К концу XX века рыбодобывающая отрасль Советского Союза была одной из передовых отраслей научно-технического прогресса страны. Флот Южного бассейна занимал достойное место, насчитывая около 200 судов океанического лова и еще большее количество судов для местного и прибрежного лова. Ежегодно флотом Крыма добывалось и перерабатывалось 600-700 тыс. тонн гидробионтов. Научными сотрудниками океанических управлений проводились десятки поисковых и исследовательских экспедиций в Индийском океане и водах Антарктики. В 70-80-х годах в Азово-Черноморском бассейне добывалось порядка 200 тыс. т рыбы и морепродуктов. Можно обоснованно говорить о том, что Министерство рыбного хозяйства смогло объединить в единый комплекс рыбодобывающую отрасль с рыбоперерабатывающими предприятиями, транспортную составляющую с береговыми объектами, обеспечив транспортировку, хранение, переработку морепродуктов [1].

Рыбохозяйственный комплекс Крыма, ранее вносивший весомый вклад в региональное развитие как бюджетообразующий и социально значимый сектор экономики, решающий проблему продовольственной безопасности и обеспечивающий высокий уровень занятости населения региона с достойным доходом, на сегодняшний день находится в весьма «плачевном» состоянии: частичное разрушение объектов водной и береговой инфраструктуры; слабая материально-техническая база; потеря океанического рыболовства; недостаточно реализованный потенциал аква- и марикультуры и т.п. – всё это привело к неэффективному функционированию предприятий рыбной отрасли и утрате конкурентных преимуществ региона. Согласно оперативным данным по рыболовству и рыбоводству в Республике Крым управления Федеральной службы государственной статистики на долю Крыма вылов составляет около 50 тыс. тонн, что менее 0,1% от общего количества [2]. Это обусловлено временным закрытием в Черном море основных районов промысла в связи с проведением СВО, что, безусловно, не смогло не повлиять на финансовые результаты деятельности рыбодобывающих предприятий, большинство из которых на сегодняшний день находятся на грани банкротства.

Восстановление рыбохозяйственного комплекса Республики Крым – задача, которая предполагает взвешенный научный подход, ориентированный на стратегическую перспективу, обуславливающий актуальность и значимость проводимых научных исследований и подтверждающийся реализацией государственной программы «Развитие судостроения на 2013–2030 годы».

На рисунке 1 представлена концептуальная схема проблемы неэффективной работы рыбопромыслового флота Республики Крым [3]. Основными причинами отсутствия современного рыбопромыслового флота являются: банкротство большинства рыболовецких колхозов, физический и моральный износ судового оборудования и судов в целом, отсутствие базы судостроения промысловых судов в регионе, финансирование строительства судов за счет рыболовных компаний. Обслуживание флота становится все более трудной задачей, и, по прогнозам руководителей предприятий, тенденция в ближайшее время сохранится. Санкции привели к подорожанию значительной части комплектующих деталей и материалов, в первую очередь импортного производства.

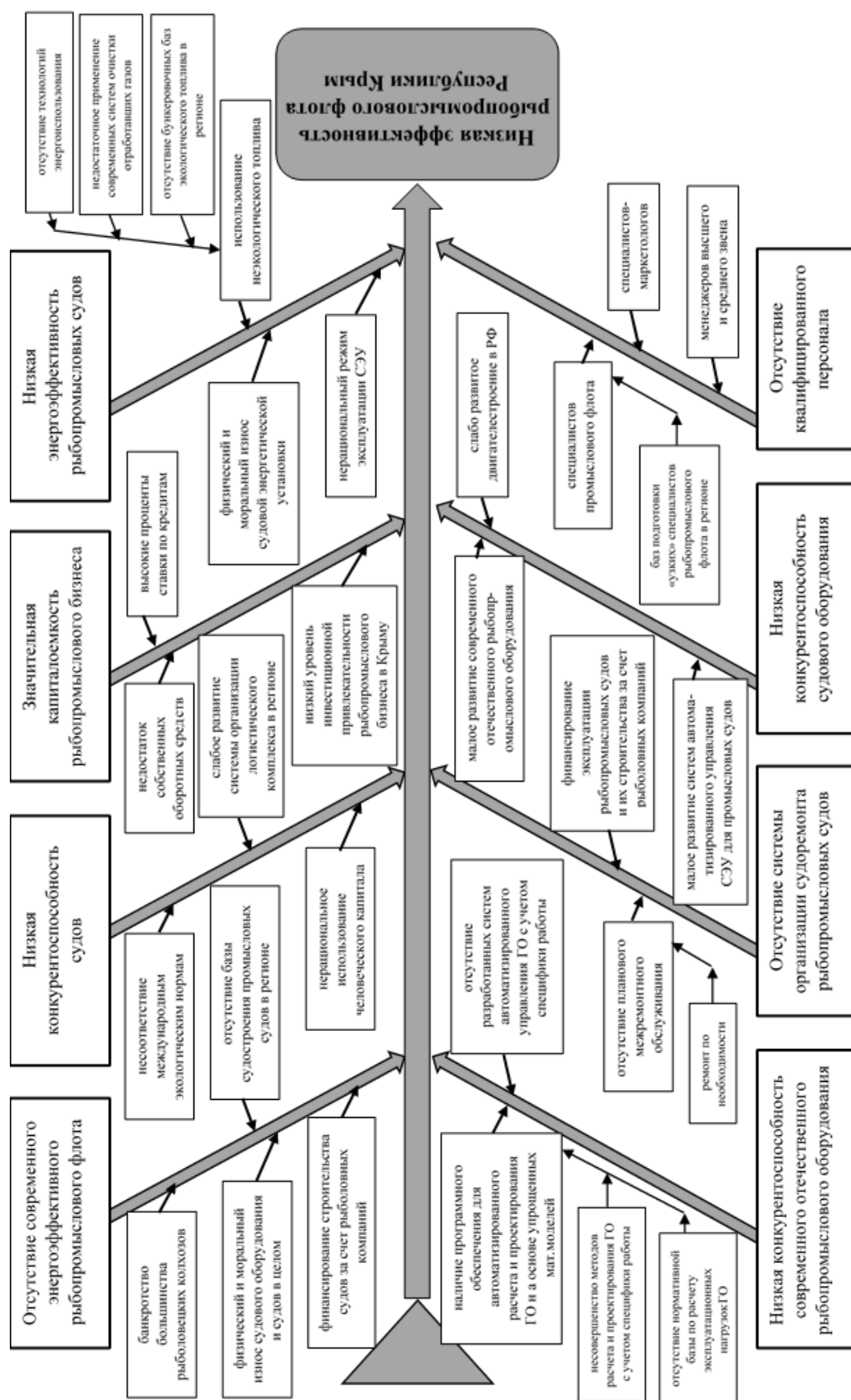


Рисунок 1 – Концептуальная схема диаграммы Исикавы при решении проблемы неэффективного развития рыбопромыслового флота Республики Крым

Решение проблемы повышения эффективности работы рыбопромысловых судов может быть обеспечено в результате совместной работы различных организаций и ведомств. Так, при эксплуатации рыбопромысловых судов целесообразна модернизация и поэтапное обновление судовой энергетической установки; переход на рациональные режимы ее эксплуатации; внедрение технологий улучшения экологических показателей судна в целом.

Немаловажную роль в неэффективном развитии рыбопромыслового флота Республики Крым играет недостаточно развитая система организации судоремонта рыбопромысловых судов. Т.е. при отсутствии планового межремонтного обслуживания осуществляется только ремонт по необходимости за счет финансирования самих рыболовных компаний, большинство из которых находится на стадии банкротства.

Одна из важных задач современности – это снижение вредных выбросов, на что и направлены мероприятия по повышению энергоэффективности судна. Одним из вариантов решения этой задачи является снижение расхода топлива, основными потребителями которого являются главный двигатель, обеспечивающий ход судна и дизель-генераторы, питающие различное оборудование. Для этой цели предлагается внедрение на судне система автоматического контроля расхода топлива и мониторинга. На данный момент имеются подобного рода системы зарубежных и отечественных производителей. Однако, они не предусмотрены для рыбопромысловых судов, эксплуатация которых отличается из-за работы с орудием лова. Поэтому наша задача как раз и учесть работу энергетической установки в период промысла для определения оптимальных параметров работы.

Строительство новых рыбопромысловых судов предполагает автоматизацию промысла. Сюда входят задачи по:

- управлению движением трала относительно судна на основе алгоритма оценивания параметров движения трала;
- адаптивному управлению траловой лебедкой;
- применению компьютерного зрения при автоматизации различных технологических процессов.

Подводя итоги, основными направлениями развития рыбопромыслового флота Республики Крым являются: улучшение системы организации судоремонта судов и системы технической эксплуатации в целом; совершенствование методов расчета и проектирования судовой энергетической установки как главной, так и вспомогательной; применение искусственного интеллекта при автоматизации технологических процессов.

Список литературы:

1. «Золотая рыбка» Крыма – Морские вести России. URL: <https://morvesti.ru/analitika/1692/35635/> (дата обращения 05.01.2025)
2. Управление федеральной службы государственной статистики по республике Крым и г. Севастополю. Рыболовство и рыбоводство URL: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/27567> (дата обращения 05.01.2025)
3. Ивановская А. В. Тенденции развития и современные методы проектирования грузоподъемных устройств рыбопромыслового судна / А. В. Ивановская, Жуков В. А., Н. А. Шустряков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2024. — Т. 16. — № 3. — С. 444-454.

УДК 629.036:621.87

НАУЧНЫЙ ПОДХОД К ПРОИЗВОДСТВУ НОВЫХ ПЛАВКРАНОВ В РОССИИ

Матвеев Юрий Иванович¹, доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой эксплуатации судовых энергетических установок

e-mail: maveeveseu@mail.ru

Бурмистров Евгений Геннадьевич¹, доктор технических наук, профессор

e-mail: burmistrov_e_g@mail.ru

Храмов Михаил Юрьевич¹, кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок

e-mail: khramov.mu@vsuwt.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Основной из основных задач водного транспорта является современное обеспечение различных операций по доставки и транспортировки грузов и пассажиров. Для обеспечения работ на воде, монтаж мостов, перегрузочные работы с судов, участие в различных спасательных операциях, производство работ в гидротехническом строительстве применяют плавучие краны предназначены. Они используются также по подъёму судов и аварийно-спасательных операциях, участвуют в подъеме и перегрузке грузов, в постановке конструкций в акватории портов и необорудованных водных участков реки. Установка на плавкраны современных водометных движителей и увеличение грузоподъёмности позволит существенно удовлетворить и расширить диапазон их применения. В целях повышения экономической эффективности работ, где задействованы плавкраны, и снижения себестоимости грузооборота, наряду пополнения флота новыми судами, встает задача и модернизации, существующих судов, которые должны отвечать тем же требованиям, что и новые суда. Постановка на несамоходные плавучие краны и производство новых с водометными движителями позволит существенно улучшить их работу, обеспечит маневренность и оперативность в акватории порта и на необорудованных речных и прибрежных водных участков.

Ключевые слова: водометные движители, плавучий кран, суда технического флота, портовые сооружения.

INCREASING THE RESISTANCE OF PARTS OF THE CYLINDER PISTON GROUP OF MARINE DIESEL ENGINES TO HYDROGEN WEAR

Matveev Yuri Ivanovich¹, Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Operation of Ship Power Plants

e-mail: maveeveseu@mail.ru

Burmistrov Evgeny G.¹, Doctor of Technical Sciences, professor

e-mail: burmistrov_e_g@mail.ru

Khramov Mikhail Yurievich¹, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor

e-mail: m.u.hramov@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. One of the main tasks of water transport is the modern provision of various operations for the delivery and transportation of goods and passengers. Floating cranes are designed to provide work on the water, bridge installation, transshipment from ships,

participation in various rescue operations, and work in hydraulic engineering. They are also used for lifting ships and emergency rescue operations, involved in lifting and reloading cargo, in the installation of structures in the water area of ports and unequipped river water sections. The installation of modern water-jet propulsion systems on floating cranes and an increase in load capacity will significantly satisfy and expand the range of their applications. In order to increase the economic efficiency of operations involving floating cranes and reduce the cost of cargo turnover, along with replenishing the fleet with new vessels, the task is to modernize existing vessels, which must meet the same requirements as new vessels. The installation of non-self-propelled floating cranes and the production of new ones with water-jet propulsion will significantly improve their operation, ensure maneuverability and efficiency in the water area of the port and on unequipped river and coastal water areas.

Keywords: water-jet propellers, floating crane, ships of the technical fleet, port facilities.

Введение

В ближайшей перспективе на 2025-30 годах необходимость в судах технического флота в России может превышать более 800 единиц. Результаты этих исследований были озвучены на IV международной конференции "Развитие ледокольного и служебно-вспомогательного флота". Из перечисленного флота имеется потребность в строительстве более 55 плавкранов. Этому предшествовали запросы Бассейновых администраций для работы в ближайшие навигационные периоды с перспективой на 2025-2030 годы.

Основные типы применяемых плавучих кранов:

1.КПЛ-1 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 5 т с высотой подъема крюка 16 м.

2.КПЛ-2 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 16 т с высотой подъема крюка 18,3 м.

3.КПЛ-3 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 5 т с высотой подъема крюка 24 м.

4.КПЛ-5 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 5 т с высотой подъема крюка 18,3 м.

5.КПЛ-5-30 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 5 т с высотой подъема крюка 18,3 м.

6.КПЛ-16 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 16 т с высотой подъема крюка 22 м.

7.КПЛ-25 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 25 т с высотой подъема крюка 16 м.

8.КПЛ-351 — самоходный плавкран грузоподъемностью 350 т. с высотой подъема крюка 36 м.

9.КНГ-19, КНГ-20, КНГ-22, КНГ-25 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 5 т с высотой подъема крюка 18,3 м.

10.КНГ-37, КНГ-38 - полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 5 т с высотой подъема крюка 18,3 м.

11.КНГ-62 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 16 т с высотой подъема крюка 25 м.

12.КНГ-65 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 16 т с высотой подъема крюка 25 м.

13.КНГ-81, КНГ-82 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 25 т с высотой подъема крюка 25 м.

14.КНГ-19, КНГ-20, КНГ-22, КНГ-25 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 5 т с высотой подъема крюка 18,3 м.

15.КНГ-37, КНГ-38 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 5 т с высотой подъема крюка 18,3 м.

16.КНГ-62 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 16 т с высотой подъема крюка 25 м.

17.КНГ-65 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 16 т с высотой подъема крюка 25 м.

18.КНГ-81, КНГ-82 — полноповоротный несамоходный плавучий кран грузоподъемностью 25 т с высотой подъема крюка 25 м.

В итоге 11 проектов плавучих кранов имеют грузоподъемностью более 16 тонн [1].

Содержание

Отечественное судостроение больших краново-монтажных судов не строило, но в последние годы получило развитие плавкраностроение повышенной грузоподъемностью, ориентированное на морское гидротехническое строительство. Для внутренних водных путей плавучие краны фактически не производятся [2].

Все плавкраны, находящиеся в эксплуатации на внутренних водных путях, были построены в период 1972-1987 г.г. В настоящее время многие из них подлежат списанию по причине физического и морального износа.

Для обновления судов вспомогательного флота необходимо разработать программу строительства плавкранов многофункционального назначения с учетом современных технологий и материалов.

Для востребованности и эффективного использования плавкранов предлагается:

1. Платформа плавучих кранов должна быть самоходной. В качестве главной энергетической установки использовать водометные движители, имеющие привод от главных электродвигателей (дизель-электроход);

2. Для улучшения устойчивости на курсе во время самостоятельного перемещения корпус платформы должен иметь скеги (судно скегового типа);

3. В зависимости от востребованности на платформе устанавливается крановое оборудование (грузоподъемностью не ниже 16 тонн) или машины непрерывной транспортировки грузов МНТ (пример: транспортерные ленты). Установка МНТ на самоходные плавучие платформы предусматривает выполнение операции при погрузке и разгрузки зерна, удобрений и др. сыпучих грузов [3].

4. При постройке плавкранов дополнительно использовать композитные и полимерные материалы.

5. Внедрять при постройке современные автоматизированные системы управления, контроля и защиты.

6. Строительство современных плавкранов для ВВТ, способных выполнять эффективно контейнерные грузовые операции

Предлагается для перемещения плавкранов использовать водометные движители с управлением из кабины башни крана. Данная модификация дает ряд существенных преимуществ:

1. Малая осадка. Это позволяет использовать судно в сложных навигационных условиях мелководья малых рек, с их частыми сужениями, резкими поворотами и перекатами;

2. Уменьшение вероятности повреждения и выхода из строя винта в следствии наматывания на него водорослей и мусора (см. рисунок 1);

3. Возможность регулировки мощности и реверсирования судна [4];

4. Хорошие маневренные качества, позволяющие на небольшом участке совершать разворот на 180°.

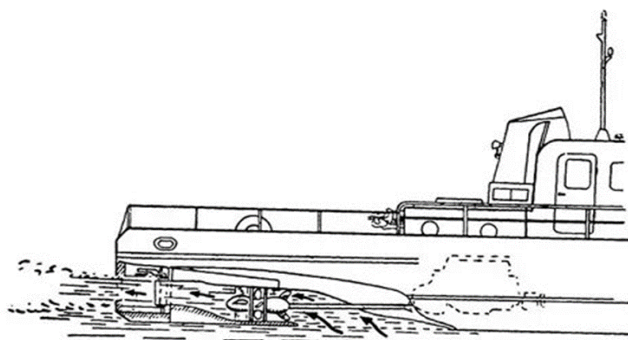


Рисунок 1 – Работа водометной установки на судне

Один из примеров размещения движитель ВД33М4 – водометный разработан в НПО «Винт». Он используется в качестве главной энергетической установки с рулевым управлением на речных судах. В качестве привода водомета применяются двигатели мощностью от 89 до 220 кВт.

В результате установки водометного движителя на судне будут отсутствовать части выступающих за пределы корпуса, что значительно уменьшит вероятность его повреждения при эксплуатации в условиях мелководья [5]. (см. рисунок 2).



Рисунок 2 – Судно с водометным движителем.

В настоящее время с учетом накопленного опыта в проектировании и экспериментальными исследованиями НПО «Винт» способен разработать водометный движитель практически для всех типов, разрабатываемых и дорабатываемых плавучих кранов в соответствии с техническими заданиями [6].

Для развития контейнерных перевозок на внутренних водных путях необходимо предусмотреть строительство плавкранов [7] новой конструкции и архитектуры, способные выполнять контейнерные грузовые операций. В этом случае потребуется чисто грузовая площадка в районе соответствующего порта с соответствующими подъездными путями.

Заключение

Современные плавучие краны должны быть многофункциональными:

1. Платформа плавучих кранов должна быть самоходной. В качестве главной энергетической установки использовать водометные движители, имеющие привод от главных электродвигателей (дизель-электроход);

2. Для улучшения устойчивости на курсе во время самостоятельного перемещения корпус платформы должен иметь скеги (судно скегового типа);
3. В зависимости от востребованности на платформе устанавливается крановое оборудование (грузоподъемностью не ниже 16 тонн) или машины непрерывной транспортировки грузов МНТ (пример: транспортерные ленты). Установка МНТ на самоходные плавучие платформы предусматривает выполнение операции при погрузке и разгрузки зерна, удобрений и др. сыпучих грузов;
4. При постройке плавкранов использовать композитные и полимерные материалы.
5. Внедрять при постройке современные автоматизированные системы управления, контроля и защиты;
6. Рассмотреть вариант строительства современных плавкранов для ВВТ, способных выполнять эффективно контейнерные грузовые операции.

Список литературы:

1. Правила классификации и постройки морских судов. Часть I Классификация.— Санкт-Петербург,: ФАУ «Российский морской регистр судоходства», 2018. — С. 6. — 68 с. — ISBN 978-5-89331-345-1.
2. Морева, И.Н., Дьячук, Н.С. Морские плавучие краны / И.Н. Морева, Н.С. Дьячук // Актуальные вопросы проектирования, постройки и эксплуатации морских судов и сооружений. Труды региональной научно-практической конференции. Научный редактор В.И. Истомина. -«Севастопольский государственный университет» - 2018. - С. 176-180.
3. Берхин, И. М., Гудзе, А. А., Рудак, Г. И. Совершенствование конструкции верхних строений отечественных плавкранов / И. М. Берхин, А. А. Гудзе, Г. И. Рудак // Судостроение. - 1973. -№4. - С. 29-31.
4. Матвеев, Ю. И. Повышение работоспособности судовых дизелей в условиях эксплуатации / Ю. И. Матвеев, М. Ю. Храмов, С. Ю. Курицын // Развитие энергетики водного транспорта, информационных и энергосберегающих технологий: сборник материалов I Всероссийской конференции, Астрахань, 12–13 декабря 2023 года. – Астрахань: Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. – С. 124-131.
5. Русецкий, А.А. Движители судов с динамическими принципами поддержания. - Л.: Судостроение, 1979– С. 240.
6. ГОСТР 56552- 2015.
7. Мохов Ю. Н. Анализ опыта эксплуатации плавкранов и крановых судов/Ю. Н. Мохов //Судостроение. - 1991. - № 11. - С. 15-19.

УДК 532.542

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С УЧЕТОМ ФАКТОРА КАВИТАЦИОННОГО ИЗНАШИВАНИЯ

Мизгирев Дмитрий Сергеевич¹, доцент, д.т.н., профессор кафедры ПТМ и МР
e-mail: mizgirevds@yandex.ru

Власов Владимир Николаевич¹, ст. преподаватель кафедр ПТМ и МР, ЭСЭУ, физики
e-mail: vn_vlasov@mail.ru

Власов Дмитрий Владимирович¹, студент 6 курса института «Морская академия»
e-mail: dv_vlasov@vk.com

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье рассматривается классификация трубопроводных систем, приводится обзор существующих методик проектирования и их гидравлического расчета. Определены недостатки существующих методик проектирования судовых трубопроводных систем. Предложен учет фактора кавитационного износа для новой методики расчета и проектирования судовых трубопроводов.

Ключевые слова: судовые системы, классификация трубопроводов, проектирование трубопроводов, гидравлический расчет, кавитационный износ.

CALCULATION OF CHARACTERISTICS OF SHIP PIPELINES TAKING INTO ACCOUNT THE CAVITATION WEAR FACTOR

Mizgirev Dmitry Sergeevich¹, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Lifting and Transport Machines and Machine Repair
e-mail: mizgirevds@yandex.ru

Vlasov Vladimir Nikolaevich¹, Senior Lecturer at the Departments of Lifting and Transport Machines and Machine Repair, Operation of Ship Power Plants, Physics
e-mail: vn_vlasov@mail.ru

Vlasov Dmitry Vladimirovich¹, 6th year student of the Institute «Maritime Academy»
e-mail: dv_vlasov@vk.com

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article discusses the classification of pipeline systems, provides an overview of existing design methods and their hydraulic calculations. The shortcomings of existing design methods for ship pipeline systems are identified. It is proposed to take into account the cavitation wear factor for a new method of calculating and designing ship pipelines.

Keywords: ship systems, pipeline classification, pipeline design, hydraulic calculation, cavitation wear.

Судовые системы морских и речных судов необходимы для обеспечения живучести и непотопляемости судна, выполнения грузовых операций, создания условий обитаемости и сохранности грузов, пожаробезопасности. Вследствие чего эффективность и надежность работы судна во многом зависят от степени совершенства конструктивных элементов систем и их средств управления [1,2].

В общем случае, под судовой системой понимается комплекс оборудования, который состоит из емкостей, энергетического оборудования (насосов, компрессоров), связывающих их трубопроводов, арматуры и контрольно-измерительных приборов, предназначенный для выполнения различных функций, необходимых для обеспечения эксплуатации судна [1, 3].

Состав судовой системы может значительно изменяться в зависимости от назначения и способа ее построения, однако неотъемлемой ее частью является трубопроводный участок, что позволяет отождествлять ее с понятием трубопроводной системы. Выделяют следующие разновидности трубопроводов (Рисунок 1):



Рисунок 1 – Классификация трубопроводов

Конструкция конкретной трубопроводной системы зависит от количества обслуживаемых данной системой потребителей и выполняемых функций, и может значительно меняться в зависимости от особенностей размещения на судне, степени насыщения помещений механизмами, устройствами и аппаратами.

Обобщая работы [1,3,4] классификация трубопроводных систем может быть представлена следующим образом (Рисунок 2):

Таким образом, с точки зрения проектирования, трубопроводная система может быть выполнена в виде линейной или кольцевой магистрали.

Линейная схема магистрали подразумевает под собой один трубопровод, проложенный по помещениям судна. Данная схема наиболее проста в реализации и наиболее часто применяется, хотя имеет весьма низкую надежность.

Кольцевая схема предполагает прокладку двух трубопроводов, соединенных между собой несколькими перемычками. Применение подобной схемы позволяет создать более систему с большей надежностью, так как позволяет превратить ее в линейную магистраль в случае выхода из строя одной из линий. Кроме того, в этом случае неизбежно увеличивается сложность реализации и стоимость данной системы по причине увеличения длины трубопроводов, количества арматуры, а следовательно, трудоемкости обслуживания, увеличение веса оборудования и усложнение проектирования подобной

системы, поскольку трубопроводная сеть проходит через большое количество переборок и палуб. По кольцевой схеме выполняют участки, к которым предъявляются повышенные требования по отказоустойчивости.

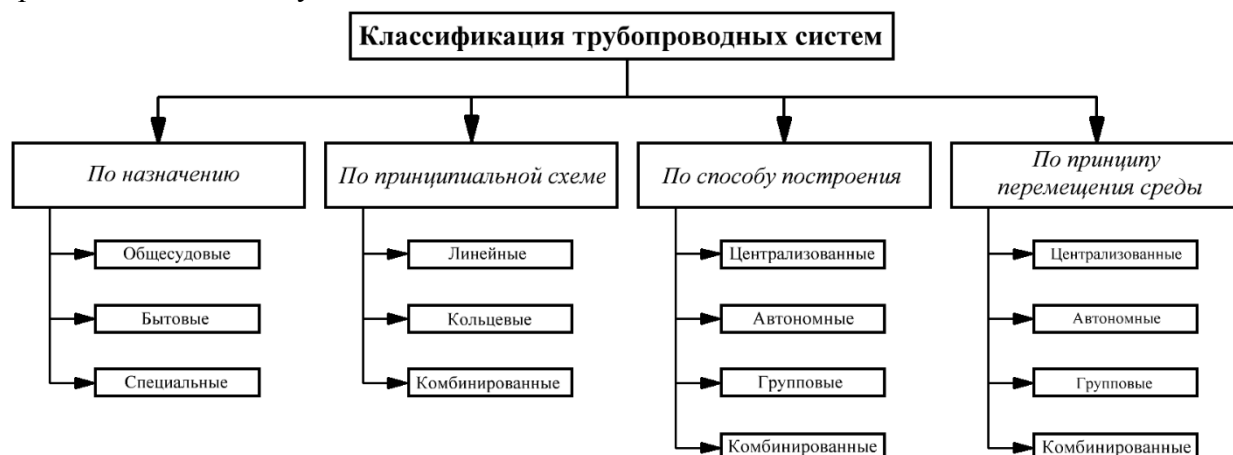


Рисунок 2 – Классификация трубопроводных систем

Комбинированная схема состоит из нескольких соединенных между собой линейных и кольцевых участков системы.

В настоящее время применяется автономное, групповое или централизованное построение судовых систем.

При автономном принципе построения предусматривается обслуживание потребителей данного отсека самостоятельной машиной или группой машин, размещенных в одном месте. При данном типе построение достигается максимальная живучесть системы.

При централизованном принципе построения все потребители системы обслуживает одна или группа машин, расположенных в одном пункте; при групповом - несколько отсеков обслуживает одна машина или группа машин, установленных в одном месте.

Групповой принцип по своим характеристикам занимает промежуточное положение между автономным и централизованным принципами. Но на судах наибольшее распространение получил так называемый комбинированный принцип: в каждом отсеке устанавливают машину, предназначенную обслуживать потребителей данного отсека, но в случае необходимости она может обслужить также потребителей, размещенных в смежном отсеке [1,3,4].

Существующие методы гидравлического расчета трубопровода подразумевают под собой определение условий: расхода среды, напора в трубопроводе, скорости движения и диаметра труб, при которых система будет устойчиво работать.

Для выполнения гидравлического расчета трубопроводной системы в нем выделяют расчетные участки, являющиеся простыми трубопроводами, в пределах которых величины и внутренние диаметры труб постоянны. Тогда расчет системы сводится к расчету ряда последовательных и параллельно расположенных расчетных участков, соблюдая при этом уравнение неразрывности и равенства напоров в трубах и соединенных в отдельных узлах.

Типовой участок судовой системы представлен на рисунке 3:

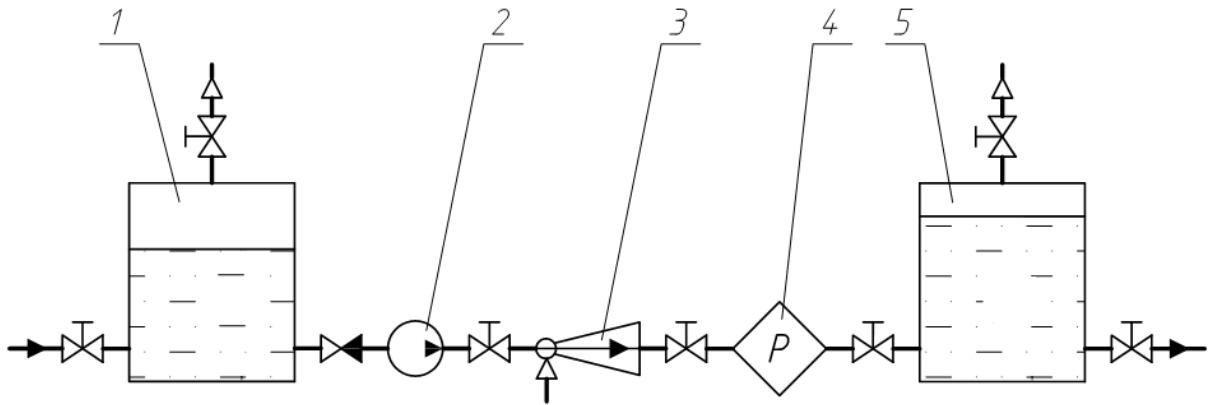


Рисунок 3 – Схема расчетного участка: 1 – цистерна обрабатываемой жидкости; 2 – насос; 3 – струйный аппарат; 4 – реактор; 5 – цистерна обработанной жидкости

При выполнении гидравлического расчета определяют потери напора H на данном расчетном участке (простом трубопроводе), используя следующее уравнение [1]:

$$H = \left(\frac{\lambda l}{d} + \sum \xi \right) \frac{v^2}{2g}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения;

l – длина участка, м;

d – диаметр трубопровода, м;

ξ – коэффициент местного сопротивления.

v – средняя скорость потока, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Зависимость (1) определяет полные потери напора на преодоление гидравлических сопротивлений на расчетном участке. Оно состоит из двух компонентов – потерь напора на преодоление сопротивлений сил трения прямых участков труб H_T и потерь напора на преодоление местных гидравлических сопротивлений H_M (фасонных частей, арматуры, путевых соединений и т.п.):

$$H = H_T + H_M. \quad (2)$$

Существующие практические методы гидравлического расчета подразумевают упрощение исходного выражения (1). При вычислении потери напора на единицу длины трубопровода в расчете используется условно прямая труба с рядом местных сопротивлений. Сумма коэффициентов которых равна $\sum \xi$, именуемой эквивалентной $l_{\text{эк}}$, такого же внутреннего диаметра, как и действительная труба, длина которой будет определяться как:

$$l_{\text{эк}} = \sum \xi \frac{d}{\lambda}. \quad (3)$$

Тогда зависимость (1) может быть представлена как:

$$H = \frac{\lambda}{d} (l + l_{\text{эк}}) \frac{v^2}{2g}. \quad (4)$$

Обозначим сумму длин фактических прямых участков труб l и эквивалентную длину $l_{\text{эк}}$ как приведенную длину $l_{\text{пр}}$:

$$l_{\text{пр}} = l + l_{\text{эк}}. \quad (5)$$

В свою очередь, отношение потерь напора H к длине трубопровода, в пределах которого эти потери имеют место представляет собой гидравлический уклон i :

$$i = \frac{H}{l} = \frac{\lambda}{d} \frac{v^2}{2g}. \quad (6)$$

Окончательная расчетная зависимость имеет вид:

$$H = il_{\text{пр}}. \quad (7)$$

В методе динамических напоров вводится понятие эквивалентного местного сопротивления, потери напора в котором равны таковым в прямых участках труб:

$$\xi_{\text{эк}} = \frac{\lambda l}{d}. \quad (8)$$

Тогда итоговая расчетная зависимость метода, с учетом того, что сумма действительных коэффициентов местных сопротивлений $\sum \xi$ и эквивалентных $\xi_{\text{эк}}$ обозначается приведенной $\xi_{\text{пр}}$ представляется следующим образом:

$$H = \left(\xi_{\text{эк}} + \sum \xi \right) \frac{v^2}{2g} = \xi_{\text{пр}} \frac{v^2}{2g}. \quad (9)$$

Для учета характера течения жидкости имеет смысл ввода в исходное (1) и производные выражения (3,9) числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta}, \quad (10)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³;

η – динамическая вязкость жидкости, Па·с;

Тогда исходное уравнение (1) примет вид:

$$H = \left(\frac{\lambda l}{d} + \sum \xi \right) \frac{(Re \eta)^2}{2g \rho^2 d^5}. \quad (11)$$

В свою очередь потребный напор рассматриваемого участка (Рисунок 3) будет определяться следующим образом [5]:

$$\begin{cases} H_{\text{жи}}^{\text{п}} = \frac{p_{i,i+1} - p_{i,i-1}}{\rho_{\text{ж}} \cdot g} + \frac{p_{\text{си}}}{\rho_{\text{ж}} \cdot g} + \frac{v_{i,i+1} - v_{i,i-1}}{2 \cdot g} + H_{i,i+1} - H_{i,i-1} + \Delta h_i + \Delta h_{\psi i} + R_i \cdot Q_{\text{жи}}^2 + R_{\text{сми}} \cdot Q_{\text{сми}}^2 + J_i \\ H_{\text{жи}}^{\text{п}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta p_i}{\rho_{\text{г}} \cdot g} + \sum_{i=1}^n (R_{\text{ги}} \cdot Q_{\text{ги}}^2) \end{cases}, \quad (12)$$

где $H_{\text{жи}}^{\text{п}}$, $H_{\text{жи}}^{\text{п}}$ – потребные напоры, м;

$p_{i,i+1}, p_{i,i-1}$ – давление над поверхностью жидкости в цистернах, Па;

$p_{\text{си}}$ – давление в приемной камере струйного аппарата, Па;

Δp_i – перепад давлений, Па;

$v_{i,i+1} - v_{i,i-1}$ – скорость жидкости, м/с;

$H_{i,i+1}, H_{i,i-1}$ – уровни жидкости в цистернах, м;

Δh_i – разность между расстояниями, от днища до всасывающего патрубка насоса и приемного отверстия цистерны м;

$\Delta h_{\psi i}$ – поправка с учетом дифферента, м;

$R_i, R_{\text{сми}}$ – обобщенное сопротивление трубопроводов, с²/м⁵;

$Q_{\text{жи}}, Q_{\text{сми}}, Q_{\text{ги}}$ – объемные скорости, м³/с;

$\rho_{\text{ж}}, \rho_{\text{г}}$ – плотность жидкости и газа, кг/м³;

J_i – инерционный член, учитывающий потери напора вследствие нестационарности движения жидкости, Па.

Рассмотренные методы применяются для гидравлического расчета простых трубопроводов, то есть одного расчетного участка. Комплексный расчет сложного (разветвленного) трубопровода, как уже было замечено выше, складывается из расчета составляющих его простых трубопроводов, но с учетом необходимости согласования

величин напоров и расходов в местах их разветвления. Подобное согласование необходимо для обеспечения равенства напора в трубопроводах, присоединенных в одном узле, при заданных расходах сред. Кроме того, в сложном трубопроводе учитывают не только потери напора на преодоления местных гидравлических сопротивлений, но и возможные потери геометрического напора. Также, при расчете сложного трубопровода выделяют динамические потери напора, обусловленные наличием последовательно расположенных участков труб различного диаметра при постоянстве расхода среды и вследствие чего изменения скоростей движения между отдельными участками. При этом, потери геометрического и динамического напоров могут как увеличивать, так и уменьшать затраты удельной энергии при движении жидкости по трубопроводной сети в зависимости от конкретного случая [1].

Недостатками описанных выше методов является весьма высокая погрешность, вследствие упрощения исходного выражения и неточностью определяемых допущений. При этом в них изначально учитываются только потери на преодолении сил трения и местных сопротивлений, вызванных особенностью геометрии трубопровода. При этом не учитывается возможность возникновения кавитации при появлении турбулентного течения, обусловленного режимом работы, например, насоса на определенных участках трубопровода. Отсутствие учета кавитационного фактора приводит к тому, что в спроектированных по описанным выше методикам трубопроводах, возникшая по итогу в них кавитация приводит к эрозионному разрушению его стенок, вызывая изменение геометрии и образует новые участки местных сопротивлений при течении среды, что приводит к изменению действительных потерь напора от расчетных, тем самым снижая точность проводимых расчетов [6].

Следовательно, необходима разработка такой методики расчета проектных характеристик трубопровода, которая учитывала бы вероятность возникновения кавитации в зависимости от параметров гидравлической машины и геометрических характеристик трубопровода. Применение подобной методики позволит повысить точность расчета, что в свою очередь увеличит эффективность и срок службы судовых трубопроводных систем.

Список литературы:

1. Александров А.В. Судовые системы : [Учебник для кораблестроит. вузов и фак.]. – Ленинград : Судпромгиз, 1962. - 429 с.
2. Виноградов В. С. Оценка надежности общесудовых систем на стадии их разработки и получение исходных данных для ее реализации // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 1(103). – С. 156-164
3. Костылев И.И., Петухов В.А. Судовые системы: учебник. – СПб.: Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2010. – 420 с.
4. Епифанов Б.С. Судовые системы. Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1980. – 176 с.
5. Курников А.С., Мизгирев Д.С., Михеева Т.А. Научное обоснование технических решений создания и совершенствования природоохранного оборудования для водного транспорта и предприятий речного флота: монография / А.С. Курников, Д.С. Мизгирев, Т.А. Михеева – Н.Новгород : изд-во ФБОУ ВПО ВГАВТ, 2017. – 436 с.; ил.
6. Мизгирев Д. С. Кавитационные процессы в судовых системах / Д. С. Мизгирев, В. Н. Власов, Д. В. Власов // Развитие энергетики водного транспорта, информационных и энергосберегающих технологий : сборник материалов I Всероссийской конференции, Астрахань, 12–13 декабря 2023 года. – Астрахань: Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. – С. 19-22

УДК 629.12

ОЦЕНКА ИЗНОСА ГРЕБНОГО ВАЛА С УПЛОТНЕНИЕМ САЛЬНИКОВОЙ НАБИВКОЙ

Нечай Андрей Павлович¹, аспирант
e-mail: nechaiandrey@yandex.ru

¹ Государственный университет морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В данной статье автор производит оценку износа гребного вала ледокола проекта 1105 (тип «Капитан Чечкин») с уплотнением сальниковой набивкой и рассматривает перспективы использования дейдвудного уплотнения данного типа на водном транспорте. Рассматривается конструкция дейдвудного уплотнения с сальниковой набивкой и ряд мероприятий для повышения надежности уплотнений данного типа на водном транспорте.

Ключевые слова: сальниковая набивка, судовое дейдвудное устройство, сальник, гребной вал, износ гребного вала, валопровод.

EVALUATION OF THE WEAR OF THE PROPELLER SHAFT WITH AN GLAND PACKING SEAL

Nechai Andrey Pavlovich¹, Doctoral Student
e-mail: nechaiandrey@yandex.ru

¹ Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint Petersburg, Russia

Abstract. In this article, the author evaluates the wear of the propeller shaft of the icebreaker project 1105 (type "Capitan Chechkin") with an oil seal and examines the prospects for using a deadwood seal of this type in water transport. The design of a deadwood seal with an oil seal and a number of measures to improve the reliability of seals of this type in water transport is considered.

Keywords: gland packing, marine deadwood device, gland, propeller shaft, propeller shaft wear, shaft line.

Такой уплотнительный элемент как сальниковая набивка используется в промышленности и технике довольно длительное время и является одним из старейших уплотнительных элементов созданным человеком. За этот период изменялись как форма, состав, так и технология изготовления кольцевых сальниковых набивок, что позволило применять такой тип уплотнения в различных сферах и при различных условиях эксплуатации. В настоящее время на водном транспорте уплотнения гребных валов множества судов имеют в качестве уплотнительных элементов именно сальниковую набивку. Уплотнение гребного вала в данном случае происходит путем обжатия металлической втулкой колец сальниковой набивки в сальниковой коробке, при этом зазор между гребным валом и сальниковой коробкой полностью заполняется обжатой набивкой. Такая конструкция обеспечивает быстрый ремонт и замену сальниковой

набивки, и, имея тем самым минимум элементов в своей конструкции, обеспечивает высокую надежность и ремонтпригодность дейдвудного устройства [1].

К достоинствам такого уплотнения, помимо простоты конструкции и ремонтпригодности, относится и экономическая эффективность ввиду относительно малой стоимости как самого уплотнения в сборе, так и относительно малой стоимостью сальниковой набивки вследствие широкого распространения и освоенностью промышленностью. Однако кольца сальниковой набивки изнашиваются интенсивнее чем, например, уплотнительные манжеты манжетных дейдвудных уплотнений, и требуют замены чаще.

Сальниковая набивка представляет собой плетеный шнур, как правило, квадратного либо круглого сечения, состоящий из пропитанных антифрикционным составом лубяных волокон. Состав волокон набивки и ее пропитывающего состава разнообразен, что обуславливается существованием множества различных марок набивок для определенных условий эксплуатации. На водном транспорте наибольшее распространение получили сальниковые набивки марок ЛП-31 и ППФ. Набивка марки ЛП-31 – набивка сальниковая, плетеная, из лубяных волокон, пропитанных жировым антифрикционным составом, графитированная, плотность, не менее $0,9 \text{ г/см}^3$, применяется для заполнения сальниковых камер с целью герметизации подвижных и неподвижных соединений различных машин и аппаратов. Рабочая среда набивки – воздух, инертные газы, минеральные масла, углеводороды, нефтяное темное топливо, промышленная вода, морская вода, растворы щелочей. Набивка марки ППФ – набивка сальниковая, плетеная с сердечником из лубяных волокон, фторопластовая, пропитанная жировым антифрикционным составом, плотность, не менее $0,9 \text{ г/см}^3$. Рабочая среда набивки – морская вода [2].

Результатом длительной нормальной работы дейдвудного уплотнения гребного вала с использованием сальниковой набивки и общими недостатками уплотнения такого типа являются:

- 1) износ сальниковой набивки в процессе эксплуатации;
- 2) износ рабочей шейки/облицовки гребного вала в районе контакта с сальниковой набивкой.

Оба недостатка являются следствием естественного изнашивания пары трения в процессе длительной эксплуатации. В данном случае парой трения выступает шейка гребного вала и внутренняя поверхность кольца установленной набивки. После длительной эксплуатации валопровода могут появляться протечки через сальниковое уплотнение. Устранение протечек, как правило, достигается:

- 1) путем дополнительного обжатия крепежа нажимной втулки (грундбуксы) уплотнения с целью выжимания колец набивки и заполнения образовавшихся пустот между гребным валом и кольцами набивки;
- 2) частичной разборки (на плаву при наличии пневмостопа, либо в доке) и замены колец сальниковой набивки.

Однако бывают случаи, когда замены набивки не достаточно ввиду износа рабочей шейки гребного вала вследствие длительного трения. Ниже приведен пример износа гребного вала ледокола проекта 1105 (тип «Капитан Чечкин») в процессе эксплуатации.

На носовой облицовке гребного вала ледокола обнаружены следы кольцевых выработок от работы по ней колец сальниковой набивки (марка набивки ЛП-31, размер колец квадратного сечения $25 \times 25 \text{ мм}$, количество колец – 6 штук) глубиной до $0,65 \text{ мм}$ на сторону во время проведения ремонта 2024 года. Фотография облицовки в районе износа представлена на Рисунке 1. На момент выемки гребного вала зазоры в дейдвудных подшипниках с резинометаллическими втулками находились в допустимых значениях

(кормовой подшипник: максимальный фактический зазор 2,31 мм при допустимом зазоре 5,0 мм; носовой подшипник: максимальный фактический зазор 1,53 мм при допустимом зазоре 5,0 мм).



Рисунок 1 – Носовая облицовка гребного вала с кольцевыми выработками

Кольца сальниковой набивки при этом имели механические повреждения в виде деформаций, разрывов волокон, износа и потери упругости. Фотография кольца набивки представлена на Рисунке 2.



Рисунок 2 – Кольцо демонтированной сальниковой набивки

Согласно данным с предыдущих ремонтов последняя выемка и дефектация гребного вала до текущего ремонта производилась в 2019 году. На тот момент времени были обнаружены аналогичные выработки на носовой облицовке гребного вала глубиной до 3,0 мм. Был произведен ремонт данной облицовки путем проточки и последующей наплавки металла облицовки поврежденного участка нержавеющей сталью.

От момента последнего ремонта в 2019 году до текущего ремонта среднегодовой износ облицовки гребного вала можно принять равным 0,13 мм на сторону облицовки в год (без учета разделения на периоды ледовой навигации, переходов между местами базирования, периодов стоянок и т.д.).

Согласно п.4.4.5.27 Правил ПОСЭ (РКО) техническое состояние механизмов признается негодным, если происходит уменьшение диаметра валов валопроводов вследствие износа или проточек, превышающее 0,04 первоначального диаметра, при отсутствии расчета, подтверждающего возможность дальнейшей эксплуатации валов [3].

Согласно судовому чертежу гребного вала номинальный построечный диаметр носовой облицовки составляет 340 (f8) мм. Фактический же минимальный диаметр облицовки в районе выработок от колец сальниковой набивки при текущем ремонте составляет ~337,85 мм. Согласно п.4.4.5.27 Правил ПОСЭ (РКО) минимальный допустимый наружный диаметр облицовки в данном случае равняется 326,40 мм. Таким

образом, согласно ПОСЭ фактический диаметр носовой облицовки в районе выработок находится в допустимом значении и износ не превышает 0,04 от первоначального диаметра облицовки.

Однако, в случае, когда диаметр облицовки может приблизиться к предельно-допустимому значению и при этом формально находиться в допуске в процессе эксплуатации, на практике это может повлечь за собой появление протечек различных объемов заборной воды в машинное отделение судна из-за увеличения зазора между облицовкой вала и кольцами сальниковой набивки.

При такой ситуации обжатие крепежа прижимной втулки (грундбуксы) с целью выжимания и уплотнения колец сальниковой набивки может не привести к уменьшению объема и устранению протечек. При длительной эксплуатации такого узла начнутся процессы аварийного износа уплотнения и гребного вала, что может повлечь за собой неконтролируемое поступление больших объемов воды внутрь судна, и может привести к аварийным и трагическим последствиям. На некоторых проектах судов предусмотрены так называемые пневмостопы – пневматические надувные устройства, предназначенные для предотвращения поступления воды из дейдвуда внутрь судна, однако валопровод судна при этом должен находиться в неподвижном состоянии во избежание повреждения пневмостопа. При этом возможен ремонт и замена сальниковой набивки на плаву без необходимости докования судна. Однако, как показывает практика, большинство судов не имеет такой системы защиты от протечек.

Так же на появление протечек в дейдвудном уплотнении влияет величина зазора в дейдвудных подшипниках. Так, при увеличении зазора выше предельного значения увеличенная величина поперечных колебаний гребного вала может повлечь за собой появление зазоров между шейкой вала и кольцами сальниковой набивки и появление протечек воды.

Стоит отметить, что на период текущего ремонта ледокола отсутствовали технические указания на ремонт валопровода и дейдвудного устройства, в которых указываются предельно-допустимые величины износа гребных валов для судов конкретного проекта. Зачастую на судах отсутствует подобная документация, либо такая документация не прорабатывается и не создается изначально при проектировании судов определенных проектов. Однако на некоторые проекты ледоколов советской разработки (тип «Ермак», тип «Добрыня Никитич» и т.д.) проектной организацией изначально разрабатывались технические условия на ремонт валопроводов. При ремонте это позволяет четко разграничивать детали по принципу «годно - не годно» со ссылкой на данные требования.

Таким образом на практике существует неоднозначная ситуация с износом гребных валов при уплотнении гребного вала с сальниковой набивкой. Решению неоднозначности этой проблемы и повышению надежности и эффективности использования уплотнений такого типа на водном транспорте может способствовать ряд научно-технических и эксплуатационных мероприятий, таких как:

1. Разработка и распространение надзорными и научно-техническими организациями общих требований и рекомендаций по износу гребных валов уплотнением сальниковой набивки и обобщение статистических данных по износу гребных валов и появлению протечек через уплотнения для выявления средних величин допустимых износов;
2. Разработка и внедрение на судах инновационных дейдвудных уплотнений с сальниковой набивкой, позволяющих повысить их ремонтпригодность, надежность и проведение модернизации уплотнений существующих судов;
3. Разработка и внедрение методик и систем контроля износа гребного вала при длительной работе без замены сальниковой набивки;

4. Внедрение на существующих судах конструкции с вмонтированным пневмостопом для предотвращения затопления судна при аварийных ситуациях, связанных с дейдвудным уплотнением;

5. Разработка и внедрение новых марок и материалов для изготовления сальниковой набивки, повышающих эффективность ее использования и уменьшающих износ набивки и гребного вала.

Список литературы:

1. Нечай А.П. Сравнение основных типов уплотнений судовых дейдвудных устройств // Морские технологии: проблемы и решения – 2024: Сборник трудов по материалам научно-практической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ФГБОУ ВО «КГМТУ» 2024 г. – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2024. – С.80-82.

2. ГОСТ 5152-84. Набивки сальниковые. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 19 с.

3. Правила освидетельствования судов в процессе их эксплуатации. Российское Классификационное Общество. Москва. – 2019 г.



УДК 62-752

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВИБРАЦИЙ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Орехво Владимир Анатольевич¹, доцент, к.т.н., доцент кафедры ПТМ и МР
e-mail: vova23061962@yandex.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В данной работе была рассмотрена задача изучения современного оборудования для уменьшения и полного гашения вибраций при работе судового энергетического оборудования. Изучив системы амортизации на судах 20-го и 21-го века, можно отметить закономерности повышения надежности конструкции данных систем на судах 21-го века. В 20-ом веке использовались простейшие подкладки под оборудование. Данные подкладки были спроектированы не для уменьшения вибраций, а только для центровки деталей судовых машин и механизмов. Поэтому, на этих судах возникают значительные вибрации, приводящие к поломкам и авариям. На современных судах принимают во внимание данные проблемы, и можно отметить частичное отсутствие вибраций при использовании модернизированных подкладок. Данный вопрос рассматривается в наше время не только как способ повышения долговечности, но и как способ сохранения здоровья людей, работающих на судах.

Актуальность данной работы заключается в том, что исследования и разработка новых изделий для уменьшения вибраций судового оборудования в процессе его эксплуатации производится с расчетом на повышение долговечности и надежности эксплуатации судового оборудования и судна в целом. Современные технологии позволяют решить множество проблем, связанных с эксплуатацией и обслуживанием судовых машин и механизмов, но особое внимание требуется уделить производству и использованию на судах современных судовых амортизаторов. Это поможет более пристально взглянуть на проблему надежности и безопасной эксплуатации судовых энергетических установок.

Ключевые слова: вибрация, судовые амортизаторы, энергетические установки, монтаж, характеристики, сравнение, условия труда, повышение надежности

MODERN METHODS OF REDUCING THE VIBRATION OF SHIP EQUIPMENT

Vladimir A. Orekhvo¹, Associate Professor of the Department of Lifting and Transporting Machines and Mechanisms, Candidate of Technical Sciences
e-mail: vova23061962@yandex.ru

¹Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. In this paper, the problem of studying modern equipment for reducing and completely damping vibrations during the operation of ship power equipment was considered. Having studied the depreciation systems on ships of the 20th and 21st century, we can note the patterns of increasing the reliability of the design of these systems on ships of the 21st century. In the 20th century, the simplest equipment pads were used. These pads were not designed to reduce vibrations, but only to center the parts of ship machines and mechanisms. Therefore, significant vibrations occur on these ships, leading to breakdowns and accidents. These issues are taken into account on modern ships, and a partial absence of vibration can be noted with the use of

modernized linings. This issue is considered in our time not only as a way to increase durability, but also as a way to preserve the health of people working on ships.

The relevance of this work lies in the fact that research and development of new products to reduce vibrations of ship equipment during its operation is carried out with the expectation of increasing the durability and reliability of operation of ship equipment and the ship as a whole. Modern technologies make it possible to solve many problems associated with the operation and maintenance of ship machines and mechanisms, but special attention must be paid to the production and use of modern ship shock absorbers on ships. This will help to take a closer look at the problem of reliability and safe operation of ship power plants.

Keywords: vibration, ship shock absorbers, power plants, installation, characteristics, comparison, working conditions, reliability improvement

Введение

Одной из основных проблем современного судостроения является создание благоприятных условий работы судовых машин и механизмов. На рабочие процессы, протекающие в судовых энергетических установках, существенное влияние оказывают вибрационные нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации судна. Поэтому на современных судах в обязательном порядке используют изделия, снижающие вибрации судового оборудования, что приводит к повышению коэффициента полезного действия, долговечности, снижает вероятность поломки отдельных элементов и деталей судового оборудования и риски возникновения аварийных ситуаций [1].

Повышенные вибрации на судах возникают по многим причинам, основные из которых:

- разбалансировка и расцентровка деталей валопровода и кривошипно-шатунного механизма;
- кавитация, возникающая при вращении винтов в воде и при движении жидкости в трубах судовых систем;
- ударные (волновые) нагрузки на корпус судна при его движении.

Снижение вибрационных нагрузок достигается установкой амортизирующих элементов между механизмом и судовым фундаментом. Целью амортизации является максимальное уменьшение передачи колебательной энергии от источника колебания к фундаменту и наоборот [2]. Механизм, установленный на амортизаторы, имеет шесть степеней свободы, как колебательная система. Механизм, жестко закрепленный на судовом фундаменте, имеет только одну степень свободы, что в отличие от первого варианта, негативно сказывается на его работоспособности и долговечности [3]. Выбор эффективно работающих амортизирующих устройств – это основная задача при проектировании и постройке судна, а так же при эксплуатации судовых устройств и систем.

Материалы и методы

Способность гашения колебаний самим амортизатором характеризуется коэффициентом виброизоляции η , который получается следующим выражением:

$$\eta = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{f_B}{f_c}\right)^2 \times \frac{4 \times \vartheta}{4 \times \pi^2 + \vartheta^2}}}{\sqrt{\left[1 + \left(\frac{f_B}{f_c}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{f_B}{f_c}\right)^2 \times \frac{4 \times \vartheta}{4 \times \pi^2 + \vartheta^2}}} \quad (1)$$

где f_B – частота вынужденных колебаний механизма;

f_c – частота собственных колебаний системы, Гц;

ϑ – логарифмический декремент затухания колебаний виброизолирующих систем

Из выражения (1) следует, что степень виброизоляции тем выше, чем больше соотношение частот $\frac{f_b}{f_c}$.

Вынужденная частота колебаний судового оборудования варьируется в диапазоне 10-50 Гц. Для повышения отношения $\frac{f_b}{f_c}$ следует уменьшить частоту собственных колебаний за счёт улучшения свойств амортизаторов [4], [5].

Типы и краткая характеристика современных судовых амортизаторов:

- Амортизаторы корабельные сварные со страховкой (АКСС) - предназначены для работы в агрессивной среде машинного отделения: пары масла и топлива, пресная и морская вода при температуре от -5° до 70° и не более 1 часа в месяц при тяжелых условиях от -10° до 100° ; а также в условиях ремонта и отстоя при температуре -40° ; диапазон рабочей нагрузки от 98 до 4000 Н [6].

- Элементы резинометаллические сборные (ЭСА-100) - предназначены для крепления судовых механизмов и оборудования с размером рабочей нагрузки 980 Н [7,12,13].

- Амортизаторы корабельные многоэлементные (АКМ) - предназначены для крепления судового оборудования с размером рабочей нагрузки от 4 кН до 17 кН в условиях машинного помещения судна (рис 1.) [8].



Рисунок 1 – Амортизатор типа АКМ

- Амортизаторы двухпластинчатые (АДП, АДПУ, АДПН) - состоят из двух металлических плит и вулканизированным между ними резиновым массивом, с диапазоном рабочей нагрузки от 4,9 до 22 кН (рис. 2).

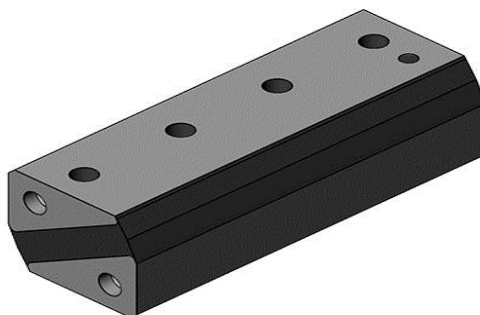


Рисунок 2 – Амортизатор двухпластинчатый

По типу амортизаторы производятся трех видов:

- 1) АДП – амортизатор двухпластинчатый
- 2) АДПУ – амортизатор двухпластинчатый угловой
- 3) АДПН – амортизатор двухпластинчатый наклонный

- Амортизаторы с промежуточной массой (АПМ) - состоят из трех металлических деталей: верхней, промежуточной и нижней плит, скрепленных между собой вулканизированным резиновым массивом с диапазоном нагрузки от 1,6 до 17 Н [14,15].

Обсуждение

В ходе исследования произведен анализ различных типов современных судовых амортизаторов[9]. Из полученных данных автором определены основные типы амортизаторов, которые разработаны под условия работы и нагрузки, действующие на них при эксплуатации судового оборудования. На современных судах амортизаторы находят свое применение при монтаже главных и вспомогательных судовых двигателей внутреннего сгорания, систем кондиционирования воздуха, компрессорных агрегатов, электрических щитов и другого судового оборудования. Используя формулу (1), выполнена конкретика выбора определенных типов амортизаторов. Основными условиями для выбора являются: нагрузка на сектор и возможность отклонения от заданной плоскости [10] Надежность работы самого амортизатора зависит от точного расчета нагрузки, действующей на опору, возможного смещения установленного на амортизатор механизма, а так же температурных условий и влияния на материал амортизатора агрессивной внешней среды машинного отделения судна [11].

Заключение

Применение различных типов современных амортизаторов благоприятно влияет на надежность эксплуатации судовых машин и механизмов.

Автором проанализирована большая выборка практического использования различных типов амортизаторов на судах речного и морского флота. Исходя из этого, сделаны следующие выводы:

Элемент резинометаллический типа ЭСА-100 имеет номинальную нагрузку всего в 980 Н и соответственно устанавливается только на электрические щитки.

Амортизаторы корабельные многоэлементные (АКМ) имеют значение номинальной нагрузки в диапазоне от 4 до 17 кН и многоэлементную структуру что повышает их амортизирующие свойства, но снижает надежность эксплуатации. Так как эти амортизаторы эксплуатируются в условиях повышенных динамических нагрузок, вибраций и ударов их материал подвержен усталостному разрушению, что значительно сокращает срок службы.

Амортизатор двухпластинчатый имеет ограничение по номинальной нагрузке от 4,9 до 22 кН и может устанавливаться на более массивное оборудование, однако данному типу необходимо производить ревизию из-за наличия центровочного отверстия.

На сегодняшний день, несмотря на большое разнообразие типов амортизаторов и их производителей, оптимальными для защиты от вибрации и ударных нагрузок судового оборудования остаются, хорошо зарекомендовавшие себя с технической и временной точек зрения, амортизаторы корабельные сварные со страховкой, маслостойкие (АКСС-М). Амортизаторы данного типа применяются на большинстве эксплуатирующихся в настоящее время судов для монтажа судовых дизель-генераторов и котельных установок.

Список литературы:

1. Щербакова О.В. Виброизоляция структурного шума на судах: диссертация ... кандидата технических наук: 05.08.05 // Щербакова Ольга Валерьевна; [Место защиты:



Новосибирская государственная академия водного транспорта]. - Новосибирск, 2014. – 149 с.

2. Ионов А. В. Средства снижения вибрации и шума на судах. – СПб.: Изд-во ЦНИИ им акад. А.Н. Крылова, 2000. – 348 с.

3. Барановский А.М. Теоретические основы эффективной виброизоляции на судах: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.08.05 Новосибирск, 2000. - 316 с.

4. ГОСТ 30630.0.0-99 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Общие требования – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 28 с.

5. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001). Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2010. – 24 с.

6. ГОСТ 17053.1-80. Амортизаторы корабельные АКСС-М и арматура - М.: Издательство стандартов, 1980. – 29 с.

7.ГОСТ РВ 9320-001-2008. Амортизаторы корабельные АКСС-МХ. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 2008. – 31 с.

8. Резинометаллические амортизаторы для оборудования и механизмов различных отраслей промышленности URL: <https://www.niirpi.com/> (дата обращения: 25.02.2021).

9. Tian Ran Lin, Jie Pan, Peter J.O'Shea, Chris K. Mechefske. A study of vibration and vibration control of ship structures II Marine Structures, Volume 22, Issue 4, October 2009, p. 730 - 743.

10. Ravindra B. Ingle, Brijendra K. Saxena, Md. Ayaz J. Khan. A theoretical investigation of natural frequencies of vibration and noise due to engine and propeller systems of an Ultra Large Crude Carrier (ULCC) II JOURNAL OF LOW FREQUENCY NOISE, VIBRATION AND ACTIVE CONTROL, Vol. 29, №1, 2010. p. 41 - 43.

11. Баранов В. В. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт судовых энергетических установок. – СПб.: Судостроение, 2011. – 352 с.

12. Krisztina Uzuneanu, Ion V. Ion. Impact of noise and vibrations on the ship microclimate // Proceedings of the 3rd International Conference of Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development (TE-RE-RD 2014), Mamaia –Romania, 12-14 June 2014, – 4 s.

13. David A. Bies, Colin H. Hansen. Engineering Noise Control: Theory and Practice, Fourth Edition, 2009. – 745 s.

14. Popkov S. V. Using Vibration Energy Parameter in Solving Habitability and Environmental Safety Problems of Ships. Symposium on Green Ship Technology, Greenship 2011, Wuxi, China, 2011.

15. Белов В. Д., Гладилин А.В., Маслов В.Л., Петров А.А., Смагин Д.А. Эффективность применения систем активного гашения колебаний судовых конструкций. Труды Крыловского государственного научного центра. 2019; 2(388): 150-158.



СОДЕРЖАНИЕ

Секция I. Ресурсосберегающие технологии в судовой энергетике

Атагурбанова А.Н., Шаназаров А.Х., Беренова М.Б. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАНОЛА В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА СУДОВОГО ТОПЛИВА В СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	3
Власов В.Н. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ.....	10
Володин Ю.Г., Марфина О.П., Цветкович М.С. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ПРОМЫШЛЕННОЙ ДЫМОВОЙ ТРУБЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА.....	13
Горелов С.В., Елизарьев А.А. ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	17
Ерофеев В.Л., Жуков В.А. ЭВОЛЮЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ	23
Иванчик С.Н., Губин Е.С., Сибриков Д.А., Тельцов Д.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРИТИРКИ СТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ПАРЫ РОЛИК-КОЛОДКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ.....	29
Кулагин А.В. МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРЫШКИ ЦИЛИНДРА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ	35
Курицын С.Ю., Матвеев Ю.И. ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ К ВОДОРОДНОМУ ИЗНАШИВАНИЮ	40
Кутепова Л.М., Тимофеев В.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ПРИСАДКИ ВОДОРОДА В ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО	46
Логонова М.В., Князев А.С., Крючков А.Э., Андрусенко С.Е. ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА НА СУДАХ	50
Мильрат А.В. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ДВИГАТЕЛЯ СКОРОСТНОГО КАТЕРА	56
Пугин К.Г. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОЦЕНКЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ.....	60

Смыков Ю.Н., Горелов С.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНХРОННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ВАЛОГЕНЕРАТОРА В КАЧЕСТВЕ СИНХРОННОГО КОМПЕНСАТОРА	64
Феропонтов И.В., Галиев И.Р. ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ СПГ В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА В ОТЕЧЕСТВЕННОМ СУДОСТРОЕНИИ.....	71
Храмов М.Ю., Варечкин Ю.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА СУДАХ РЕЧНОГО ФЛОТА	77
Шураев О.П., Чичурин А.Г., Чернов В.А. ПОДГОТОВКА СТЕНДА ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД К ПРОВЕДЕНИЮ ОТСЕИВАЮЩЕГО ЭКСПЕРИМЕНТА.....	82

Секция II. Импортозамещение на водном транспорте

Андреев К.Г., Гер Д.В. ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ	88
Зинурова Г.Х., Рудник Е.А. ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОЛИТИКИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В СФЕРЕ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА.....	93

Секция III. Научные аспекты судовождения, судоходства и транспортной энергоэффективности

Андреев К.Г., Абрамов Р.Р. ВЛИЯНИЕ МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СУДОВ	98
Иванченко А.А., Билоус В.И. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМАНДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МОРСКИХ СУДОВ	103
Каюмова Г.Г. ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕК МИКРОПЛАСТИКОМ, ПОСЛЕДСТВИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СУДОСТРОЕНИИ	108
Лебедев А.И., Авраменко А.И., Черноокий Д.А. ЭТАПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ МОРСКИХ АВТОНОМНЫХ СУДОВ	113
Лукин П.Д., Сабадаш А.И. АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ РАСХОДОМ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ СЯЭУ НА А/Л ПРОЕКТА 22220	120
Попов С.В., Хватов О.С., Малышев Ю.С., Бурмакин О.А. ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	124
Попова Е.А., Яцук Ю.В., Афанасьев А.К. РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧКИ МОДЕЛИ СУДНА НА ВСТРЕЧНОМ ВОЛНЕНИИ.....	130

Скрипко Л.П., Скрипко А.А. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ТАНКЕРОМ.....	135
Тимофеев В.Н., Салахов И.Р., Грушина Ж.Ю. ГЛАВНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА РЕЧНОГО СУДНА НА ОСНОВЕ ВИНТА РЕГУЛИРУЕМОГО ШАГА	141
Харисова Н.Р., Игнатьева М.Э. ФОРМИРОВАНИЕ ИНОЯЗЫЧНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО- КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛИТЕТА ПЛАВАТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ	146

Секция IV. Развитие судостроительного и судоремонтного производства на водном транспорте

Андреев К.Г., Гилёв О.Д. МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ И СУДОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	152
Андреев К.Г., Шик Г.Д. РАЗВИТИЕ ОМСКОГО СУДОРЕМОНТНОГО ЗАВОДА	156
Голиков А.М., Карябкина А.А., Каразанов К.О. ВЛИЯНИЯ ВЫБОРА ШИХТЫ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА	160
Горбачев М.М., Хмельницкий К.Е. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАСЕЛ С ПРИСАДКАМИ МЕДИ В ДВИГАТЕЛЯХ МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ	164
Гречко Н.В., Панягин А.В. ОСОБЕННОСТИ СУДНА ПРОЕКТА 00393 С ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ.....	168
Гурьянов Н.М., Мизгирев Д.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КАВИТАТОРА В СОСТАВЕ СТАНЦИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ	172
Дьяченко А.В., Горбачев М.М. АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ СВЯЗАННЫХ КОЛЕБАНИЙ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ	176
Ивановская А.В., Виноградов В.Н., Ивановский А.Н. ОЦЕНКА БЕЗОТКАЗНОСТИ РАБОТЫ СУДОВЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ.....	180
Камышев А.В., Молочная Т.В., Мизгирев Д.С. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ЛИКВАЦИИ И АНИЗОТРОПИИ В ДЕТАЛЯХ СУДО- И МАШИНОСТРОЕНИЯ	185
Коваленко Ю.В., Коваль В.Р., Журавлев Д.А. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.....	189

Коваленко Ю.В., Худаев П.А., Жук К.А.

РАЗВИТИЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО И СУДОРЕМОНТНОГО
ПРОИЗВОДСТВА НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ 194

Логунова Н.А., Ивановская А.В.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ..... 198

Матвеев Ю.И., Бурмистров Е.Г., Храмов М.Ю.

НАУЧНЫЙ ПОДХОД К ПРОИЗВОДСТВУ НОВЫХ ПЛАВКРАНОВ В
РОССИИ 202

Мизгирев Д.С., Власов В.Н., Власов Д.В.

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С УЧЕТОМ
ФАКТОРА КАВИТАЦИОННОГО ИЗНАШИВАНИЯ..... 207

Нечай А.П.

ОЦЕНКА ИЗНОСА ГРЕБНОГО ВАЛА С УПЛОТНЕНИЕМ САЛЬНИКОВОЙ
НАБИВКОЙ 213

Орехов В.А.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВИБРАЦИЙ СУДОВОГО
ОБОРУДОВАНИЯ 218