

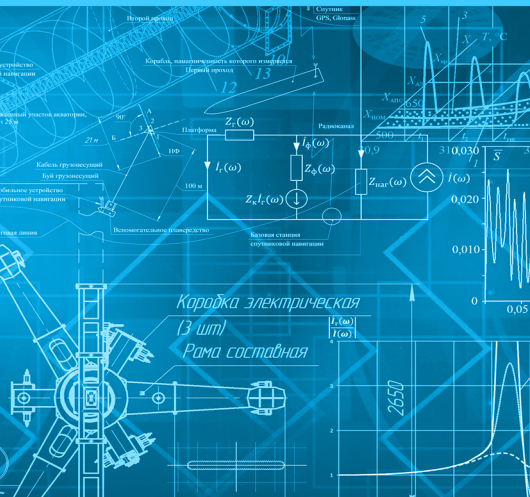


ФГУП «ВЫСШЕЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНОЕ ЦЕНТРО»



Всероссийская молодежная конференция «Научно–технологическое развитие судостроения»

Тезисы докладов



ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Всероссийская молодежная конференция «Научно-технологическое развитие судостроения – 2023»

Тезисы докладов



СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
И СПЕЦИАЛИСТОВ

Санкт-Петербург
2023

УДК 629.5:061.3

ББК 39.42

В 85

В 85 Всероссийская молодежная конференция «Научно-технологическое развитие судостроения – 2023» : тезисы докладов. – Санкт-Петербург : ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2023. – 84 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ПРОЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Власова О.В., Денисова В.С., Гаврилов С.В., Закаланный А.В.

Защитные технологические покрытия
для термомеханической обработки сталей и сплавов 8

Лантратов Н.Ю.

Ультразвуковой метод биохимической защиты от обрастания
и коррозионных повреждений элементов кораблей (судов) ВМФ
контактирующих с водной средой 9

Пегливанова М.М., Назарова Е.Д., Филин В.Ю.

Оценка возможности приведения относительного
удлинения образцов нестандартных кратностей к требованиям ГОСТа 11

Пономарева А.Ю., Шайтанов А.В.

Силовой расчет механизма сигнализации конечных
положений золотника запорного клапана 12

Родькина А.В., Крамарь В.А., Иванова О.А., Шацких О.Н.

Методика определения уровня износа стали в районе переменной ватерлинии 13

Филичкин П.С.

Выбор эффективных средств амортизации элементов корабельной
радиоэлектронной аппаратуры на этапе ее проектирования 14

Паранюк А.Н., Онищенко И.С.

Предложения к уточнению допустимых условий
эксплуатации судов ограниченного района плавания R3-RSN 15

Носырев Н.А.

Разработка методов оценки сварочных деформаций корпусных конструкций
с применением гибридной лазерно-дуговой сварки 16

Усанов В.М., Колчин Д.В., Рудаков В.А.

Испытания и исследования сварочных порошковых проволок
отечественного производства и их внедрение на АО «ПО «Севмаш» 17

Кушнер Г.А.

Исследование связанных колебаний гребного вала экспериментального судна 18

Горбачева А.А., Воробьев А.Н., Евдокимова Н.С.

Рассмотрение вопроса применения керамических флюсов
российского производства для выполнения
автоматической сварки хладостойких сталей 19

Бондаренко Ю.В., Бондаренко А.В.

Оптимизация формы и конструкций корпуса судна
с учетом их технологичности изготовления 21

СЕКЦИЯ 2. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СУДОСТРОЕНИИ

Ненашев С.А., Ненашев В.А., Рыжов К.Ю.

Разработка и исследование интеллектуальной пространственно-распределенной
многосенсорной системы мониторинга земной и морской поверхности,
реализуемого средствами малой корабельной авиации 24

Шерминская А.А., Николаев А.А.

Разработка систем управления эксплуатацией
сложных технических объектов и особенности их взаимодействия с СУ ПЖЦ 25

Гуськова Д.Э., Сафронова В.П. Цифровая трансформация на предприятиях	26
Мальцев Н.А., Фролов Н.С. Применение платформы на базе искусственного интеллекта для анализа потока медиа-данных в режиме реального времени	27
Литуненко Е.Г. Имитационное моделирование информационного взаимодействия в группе подводных аппаратов	28
Сафронова В.П., Седова К.С. Современные технологии, меняющие судовую инфраструктуру	29
Акимов О.О. Интеллектуальный мониторинг систем морской стационарной платформы с использованием цифровой модели	32
Бондаренко Ю.В., Бондаренко А.В., Ковалев А.А. Построение судовой поверхности проектируемого судна с помощью САПР Solid Works	33
Юхневич А.В., Саляев А.В. Механизмы интеграции и способы их реализации между информационными системами	35
Давлетова Д.А., Романов С.Ф. Повышение качества контроля герметичности люковых закрытий трюмов морских судов	36

СЕКЦИЯ 3. ГИДРОАЭРОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ КОРАБЛЯ

Альбаев Д.А. Определение амплитуд нелинейной качки судна на основании трехмерной потенциальной теории	38
Большев А.И. Анализ взаимодействия воздушного потока с надводной частью корабля методами вычислительной гидродинамики	39
Бондаренко Ю.В., Бондаренко А.В., Ковалев А.А. Оптимизация формы корпуса краболовного судна с бульбовой носовой оконечностью для промысла в Дальневосточном бассейне	40
Горячев И.С., Дегтярев А.В., Черный С.Г. Обеспечение безопасного маневрирования судна при повышенном трафике	42
Пялов К.Н. Диссипация энергии звуковой волны в акустическом пограничном слое границы жидкость-твердое тело	43
Рудой В.К. Построение модели гребного винта и оценка его ГДХ методами вычислительной гидродинамики	44
Скородумов В.П. Разработка конструкции насадочного динамометра для проведения модельных испытаний в глубоководном опытовом бассейне перспективных движительных комплексов	45
Фадеев Д.Е. Метод автостабилизации по дифференцу при подъеме затонувших объектов способом восстановления собственной плавучести	46

СЕКЦИЯ 4. СУДОВАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Вынгра А.В., Ерофеев П.А., Черный С.Г.

Исследование активного фильтра тока судовых
электроэнергетических систем с нечеткими алгоритмами 48

Доржиева Б.С., Железняк В.Н.

Главные турбогенераторы для судовых электроэнергетических систем 49

Дураков Д.Н., Лобынцев В.В., Москвич Д.В.

Разработка программного комплекса расчетного моделирования корабельных
электроэнергетических систем и систем электродвижения 50

Егоров А.Е.

Создание роботизированных средств внутритрубной
диагностики объектов морской техники 50

Зайцева Т.С.

Особенности конструкции погружного
электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов 51

Иванов К.С., Соколов Д.А.

Развитие и совершенствование компетенций
разработки пропульсивных комплексов 52

Мохова О.В.

Итеративный синтез нелинейной системы управления
импульсным источником тока большой мощности 53

Нестеров И.А., Фролов И.В.

Моделирование и исследование бандажного узла роторов на примере
турбогенераторов производства завода «Электросила»
для нужд гражданского судостроения 54

Потапов М.В., Боровиков П.В.

Опыт разработки погружных электроприводов.
Выбор изолирующих материалов для электропривода 55

Кучеренко В.А., Дараган П.А., Соболев А.С.

Использование ПИД-регулятора для восстановления изоляции обмоток
электродвигателей систем электроснабжения на судне 56

СЕКЦИЯ 5. СУДОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Рыбаченко А.А.

Изучение возникновения внешнего блок-эффекта в реакторе ИРТ-Т
вследствие наличия неравномерного распределения ядер-отравителей
в бериллиевом отражателе 60

Демкина Т.Д., Пронин А.Н., Рязанов А.В., Курицин Д.Д.

Гидродинамика теплоносителя в выходном участке
топливной сборки реакторной установки типа РИТМ 61

Карпов И.А., Котов В.С., Резникова Р.К., Власов А.Н.

Исследование эффективности различных
способов хранения трубных систем котлов 62

Омельяненко В.С.

Разработка обратноосмотической установки серии СМ 62

Прибытов М.Д.

Синтез твердых растворов и циркониевого сырья
в интересах создания системы каталитической очистки выхлопных газов 63

Галиев И.Р. Закономерности изменения характеристик турбулентности в пристеночном слое камеры сгорания судового ДВС.....	64
Манаков В.С., Павлов Д.С., Галиев И.Р. Исследование средней пульсационной скорости турбулентности в цилиндре судового ПДВС.....	65
Лягушин Д.М., Новожилов Д.О., Галиев И.Р. Исследование скорости диссипации в цилиндре судового ПДВС.....	66
Павлов Д.С., Манаков В.С., Галиев И.Р. Исследование кинетической энергии турбулентности в цилиндре судового ПДВС.....	67
Новожилов Д.О., Лягушин Д.М., Галиев И.Р. Исследование интегрального масштаба турбулентности в цилиндре судового ДВС.....	68
Доронков Д.В., Добров А.А., Доронкова Д.С., Демкина Т.Д. Особенности формирования потока теплоносителя во входном участке топливной кассеты реактора типа РИТМ.....	69

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОЛОГИИ ГРАЖДАНСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ И ВОЕННОГО КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ

Ветошкин Е.О. Анализ оборудования, применяемого для выверки мобильных станков относительно основных баз судна	72
Дудкина К.А., Фролова В.А. Актуальные проблемы реализации мер государственной поддержки стимулирования обновления рыболовецкого флота.....	72
Егоров К.В., Кучеренко И.Ю., Марушин Ф.Л. Оптимизация процесса разработки эскизных проектов по механической части	73
Змитровцов Г.В., Загребельный О.И. Замена силовой установки в условиях санкций на примере пассажирского теплохода пр.485С «Александр Шабалин».....	74
Карышев И.В., Карышева А.А. Механизмы принятия коллективных решений в судостроительной отрасли	75
Костин М.Ю., Ягудин А.Ф. О выборе конфигурации и магнитных материалов для приемно-передающих антенн ближнепольной магнитной связи	76
Кузнецов Р.В. Некоторые проблемы унификации судовых редукторных передач.....	77
Мосейко Е.С. Оценка рисков неисправностей судовых механических систем	77
Халимендик Д.А., Дубовенко И.В. Концепция применения стационарного морского выносного одноточечного причала для отгрузки СПГ на арктическом шельфе Российской Федерации.....	78
Цыбанов К.В., Тучинский А.А. Определение оптимального срока службы объектов морской техники по критерию стоимости ходовых суток.....	79
Ялов С.С. Техническое обеспечение строительства объектов арктического шельфа	80

**Власова О.В.,
Денисова В.С.,
Гаврилов С.В.,
Закаланный А.В.**

НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ

Защитные технологические покрытия для термомеханической обработки сталей и сплавов

При термомеханической обработке сталей и сплавов под действием высокой температуры и агрессивных компонентов (кислорода, водяных паров) газовой среды происходит их окисление. Защитные технологические покрытия (ЗТП), разработанные в НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ и широко используемые в авиационной отрасли, резко уменьшают скорость коррозионных процессов, тормозя диффузию агрессивных компонентов из газовой среды.

Формирование и защитное действие ЗТП совмещены и определяются составом и кинетикой окисления сплава, условиями нагрева [1]. Безусловным преимуществом ЗТП является их самоудаление с металлической поверхности при охлаждении до комнатной температуры.

Применение защитных технологических покрытий позволяет:

- повысить коэффициент использования металла при изготовлении деталей из дорогостоящих и дефицитных сплавов в 1,5–2 раза и снизить трудоемкость механической обработки в 2–3 раза;
- решить проблему безокислительного нагрева сталей в печах с окислительной атмосферой взамен вакуумных печей;
- сократить расход электроэнергии, нейтральных газов, абразивных и режущих сверхтвердых материалов, травильных растворов;
- расширить применение в промышленности деформируемых заготовок и литых деталей.

При горячей и изотермической обработке давлением титановых сплавов с применением высокоэффективных высокотемпературных смазок обеспечиваются функции защиты от окисления (ЭВТ-24, ЭВТ-26, ЭВТ-7), теплоизоляции (ЭВТ-7Т), снижения усилий деформации и разделительной пленки. Покрытия экологически чистые, пожаровзрывобезопасные.

В связи с вышеуказанным освоение защитных технологических покрытий в судостроительной отрасли является перспективным и актуальным направлением.

Лантратов Н.Ю.

Научно-исследовательский институт кораблестроения
и вооружения ВМФ ВМА

Ультразвуковой метод биохимической защиты от обрастания и коррозионных повреждений элементов кораблей (судов) ВМФ контактирующих с водной средой

Обрастание – это поселение растительных и животных организмов на искусственных и природных твердых поверхностях, в том числе, на подводной поверхности судов, портовых и других сооружениях, на внутренних поверхностях промышленных водопроводных труб, конденсаторах тепловых электростанций и т.д.

Процесс обрастания обыкновенно начинается с образования первичной слизистой пленки (био пленки).

Наибольшую опасность при обрастании корабельных конструкций представляют микроорганизмы, ведущие прикрепленный образ жизни в био пленке – первой стадии обрастания.

Следует отметить, что именно под био пленкой начинается коррозия металла, поэтому целесообразно сосредоточить усилия на предотвращении появления био пленки не дожидаясь ее развития и разрастания.

Существуют различные методы и средства защиты от обрастания каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

На данный момент в судостроительной отрасли данные методы не выполняют в полном объеме возложенные на них задачи, а защита от биохимического обрастания теплообменного оборудования, трубопроводных систем и их элементов контактирующих с водной средой вовсе отсутствует.

Существует еще один метод защиты – ультразвуковой. Данный метод в связи с не достаточной изученностью и отсутствием технических средств на данный момент не применяется на кораблях (судах) ВМФ. При этом зарубежные государства всю используют этот метод, который совместно с применением современных лакокрасочных покрытий обеспечивает надежную защиту.

По инициативе НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» отечественными научно-исследовательскими организациями проведены экспериментальные исследования по изучению особенностей и динамики микро- и макрообрастания типовых материалов применяемых в кораблестроении.

В результате научно-исследовательской работы были выполнены:

- 1) лабораторные и натурные исследования по подавлению микро- и макрообрастания типовых конструкционных материалов под воздействием ультразвуковых колебаний различных параметров и режимов.
- 2) Разработаны и изготовлена лабораторная установка с заданными характеристиками ультразвукового излучения для изучения эффекта подавления обрастания и биологической коррозии конструкций морской техники (представленная на слайде);
- 3) Впервые в мировой практике проведены и систематизированы натурные исследования влияния ультразвукового излучения на микроорганизмы и обрастатели в трех основных морских климатических зонах (арктической – Белое море, субтропической – Черное море, тропической – Южно-Китайское море).
- 4) Экспериментально получены параметры частот и интенсивность ультразвуковых колебаний, предотвращающих/замедляющих рост на образцах типовых материалов биопленку с микро- и макрообрастателями, для разных районов Мирового океана.

Это позволило создать научно-технический задел для создания отечественной универсальной системы ультразвуковой защиты.

Создание отечественной универсальной ультразвуковой системы защиты позволит предотвратить биохимическое обрастания и биологическую коррозию повреждения корпуса кораблей (судов) ВМФ, теплообменного оборудования, трубопроводных систем и их элементов, контактирующих с забортной водой, эффективно функционирующей в любом районе Мирового океана, и как следствие, сократить эксплуатационные расходы на техническое обслуживание и ремонт (за счет снижения стоимости доковых работ), а также увеличение времени эксплуатации корпуса и корпусных конструкций на протяжении всего жизненного цикла корабля.

Пегливанова М.М.,
Назарова Е.Д.,
Филин В.Ю.

ЦНИИ КМ «Прометей»

Оценка возможности приведения относительного удлинения образцов нестандартных кратностей к требованиям ГОСТа

Для испытаний на растяжение (ГОСТ 1497-84) желательным является применение образцов стандартных пропорций, но это не всегда возможно из-за малого количества материала либо, напротив, недостаточной мощности испытательного оборудования. При больших объёмах испытаний в заводских лабораториях выгодно использовать образцы с одинаковой шириной и длиной рабочей части, тогда достаточно иметь один типоразмер режущего инструмента для их изготовления, и упрощается подготовка к каждому испытанию. Именно поэтому корректная интерпретация результатов испытаний нестандартных образцов являются на данный момент актуальной.

В настоящей работе анализируются процедуры, позволяющие установить связь между результатами испытания образцов с нестандартной кратностью и стандартных требований к пластичности материала. Анализировались используемая в стандартах формула Оливера, а также формула, предложенная специалистами ЦНИИ КМ «Прометей». Последняя формула разрабатывалась с целью отражения физического смысла происходящих процессов.

В ходе исследований смоделировано поведение образца во время испытания на растяжение в соответствии с ГОСТ 1497-84. Модель построена в пакете ANSYS Mechanical APDL ver14.5. Результаты, полученные в ходе расчетов, сравнивались с результатами реальных испытаний.

В ходе анализа графиков выявлено, что формула Оливера дает значительное отклонение от значений, полученных в ходе расчетов, для образцов кратностей меньше 5, однако для образцов кратности от 5 до 10 эта формула дает отклонение не более 2%. Что касается формулы, которая была предложена ЦНИИ КМ «Прометей», то она дает достаточно большое отклонение при кратностях как больших, так и меньших 5.

В работе показано, что при кратностях больших 5 корректно работает формула Оливера, чего нельзя сказать для меньших кратностей. Так как на данный момент чаще возникает необходимость пересчета образцов малой кратности, особенно актуальны работы по ее получению. Кроме того, на данный момент не было получено формулы, которая отражала бы не только геометрический, но и физический смысл испытания.

**Пономарева А.Ю.,
Шайтанов А.В.**

АО «Центр технологии судостроения и судоремонта»

Силовой расчет механизма сигнализации конечных положений золотника запорного органа

В приведенном докладе предлагается к рассмотрению оригинальная конструкция трех позиционного сигнализатора конечных положений золотника запорного органа судовой трубопроводной арматуры. Отличительная особенность данной конструкции заключается в отсутствии связи между величиной рабочего хода золотника и массогабаритных характеристик, оптимизированных до минимальных значений.

В докладе приводится силовой расчет механизма сигнализации. Подбирается минимальное усилия предварительного поджатия пружин и минимальная жесткость для обеспечения работоспособности конструкции сигнализатора в условиях ударного воздействия.

Приводится обоснование, что для предложенной конструкции предварительное усилие поджатия пружины будет отвечать только за возврат кнопки сигнализатора в отжатое состояние, защита от ложных срабатываний происходит только за счет величины жесткости пружины. Для конструктивно полученного установочного места под пружину были рассчитаны по оригинальной программе АО «ЦТСС» КБ «Армас» 3 варианта конструкции пружин с максимальной, минимальной и средней жесткостью, конструктивно обеспечивающих требуемую величину предварительного поджатия. Приводится расчет вынужденных колебаний каретки сигнализатора в результате ударного воздействия на корпус для конструкции с пружинами, имеющими минимальную жесткость. Предполагалось использовать метод перебора (последовательных приближений) в случае неудовлетворительного результата при расчете конструкции с пружинами, имеющими минимальную жесткость.

Численное решение дифференциального уравнения второго порядка для системы с одной степенью свободы показало, что максимальные перемещения каретки не превышают конструктивного номинального холостого хода.

Делается вывод о работоспособности конструкции при использовании любых из предложенных 3 вариантов пружин.

Родькина А.В.,
Крамарь В.А.,
Иванова О.А.,
Шацких О.Н.

ФГАОУ ВО «Севастопольский Государственный Университет»

Методика определения уровня износа стали в районе переменной ватерлинии

Район воздействия окружающей среды на океанотехнические объекты влияет на скорость коррозии и вид разрушения. Особое внимание при проектировании океанотехнических объектов уделяется району переменной ватерлинии (ПВЛ), т.к. скорость протекания коррозии в этом районе является самой активной.

Цель исследования: разработка методики определения уровня износа стали в районе переменной ватерлинии, позволяющей осуществить подбор защитных параметров для предотвращения повреждения и разрушения корпусов морских судов и океанотехнических объектов в районе ПВЛ.

Для решения поставленной цели обоснован выбор типа защиты в зависимости от условий эксплуатации океанотехнических объектов от коррозионно-механических разрушений в районе ПВЛ. Одним из эффективных типов защиты от коррозионно-механических разрушений океанотехнических объектов является система защитных кожухов, однако особенность ее исполнения не допустима для стационарных оснований или самоподъемных плавучих буровых установок в случае ферменного исполнения опорного основания (колонн). В качестве альтернативы для таких объектов рекомендована электрохимическая защита. Однако, потребовалось изучить эффективность ее применения на участках смоченной поверхности района ПВЛ не имеющих с водой постоянного контакта.

В результате исследования разработана методика определения уровня износа стали в районе ПВЛ, которая предполагает следующие действия:

- установление характеристик морской воды (солености и др.), климатических особенностей приливов, отливов и волнения для координат эксплуатации океанотехнического объекта;
- сбор статистической информации по уровню волнения с координатной привязкой на корпусе сооружения, для определения высоты района переменной ватерлинии;
- выбор и проведение микроскопии поверхностного слоя района переменной ватерлинии корпусной конструкции океанотехнического объекта на уровне высоты, определенной на предыдущем этапе;
- выявление элементного состава поверхностного слоя на основе результатов микроскопии, с целью определения уровня износа стали корпусных конструкций;

- на основе полученных данных выполняется подбор защитных параметров для предотвращения повреждения и разрушения корпусов морских судов и океанотехнических объектов в районе ПВЛ.

Филичкин П.С.

ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия
им. адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»

Выбор эффективных средств амортизации элементов корабельной радиоэлектронной аппаратуры на этапе ее проектирования

Актуальность: На текущий момент развития техники и технологий к корабельной радиоэлектронной аппаратуре (РЭА) предъявляются все более повышенные требования в отношении надежности работы и устойчивости к жестким условиям эксплуатации, в том числе к механическим воздействиям. Вибрация и удар являются основной причиной возникновения больших механических напряжений в деталях и узлах РЭА при ее эксплуатации. Это может привести к нарушению ее механической целостности и преждевременному отказу вследствие перегрузок. Следовательно, необходимо разработать системы амортизации для гашения вибрационных и ударных воздействий.

Цель: Разработка и выбор эффективных средств амортизации элементов корабельной аппаратуры.

Материалы и методы: Для написания статьи использовалась САЕ система NX Nastran. Для оптимизации расчета применены методы суперэлементов и подконструкций. Было произведено три расчетных случая нагружения, в которых определялся коэффициент динамичности системы.

Результаты: По итогам расчетов были получены следующие результаты:

1. K_d без системы амортизации: по оси X – 4,8; по оси Y – 4,9; по оси Z – 4,0.
2. K_d системы с локальным средством амортизации: по оси X – 4,8; по оси Y – 4,9; по оси Z – 4,0.
3. K_d системы с виброгасящим цоколем K_d : по оси X – 4,8; по оси Y – 4,9; по оси Z – 4,0.

Выводы: На основе сравнительной оценки можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным для уменьшения коэффициента динамичности КД будет являться применение виброгасящего цоколя.

Паранюк А.Н.,
Онищенко И.С.

АО «ЦНИИМФ»

Предложения к уточнению допустимых условий эксплуатации судов ограниченного района плавания R3-RSN

В настоящее время появился ряд факторов, ограничивающих возможность плавания судов на традиционных маршрутах в европейском направлении. В связи с этим у судовладельцев появилась потребность в расширении района эксплуатации судов в Черном и Северном морях. Актуальность работы обусловлена недоступностью для навигации в разрешенных для эксплуатации судов R3-RSN районах. Целью исследования является расширение района плавания судов с символом ограничения R3-RSN Российского морского регистра судоходства (далее – РС) при обеспечении существующего уровня безопасности эксплуатации. В Правилах РС безопасность плавания судов R3-RSN обеспечивается установлением ограничений по допустимому волнению, удалению от места убежища, географических границ районов плавания и допустимых сезонов эксплуатации. В то же время оговаривается возможность установления иных эксплуатационных ограничений на основании обоснований эксплуатации судов в определенном районе или рейсе, выполненные по одобренной Регистром методике. При этом подобная методика в настоящее время в системе нормативных документов РС отсутствует.

В рамках выполненной работы предложен подход к оценке возможности допуска судов ограниченного района плавания R3-RSN в новые морские районы (сезоны). Выполненный анализ требований РС показал, что параметрами, определяющими допустимые условия эксплуатации судов R3-RSN, являются общая и местная прочность корпусных конструкций и остойчивость (критерий погоды). Предлагаемый подход основан на результатах сопоставления долгосрочных обеспеченностей нормируемых мореходных характеристик в новых условиях с аналогичными обеспеченностями, принимаемыми в качестве эталонных.

Разработаны предложения по адаптации применения справочных данных по ветру и волнению, а также учету надежности мест убежищ и наличия сверхнормативных запасов фактических остаточных характеристик прочности корпуса. Выполнено обоснование плавания судна пр.1743 на новых маршрутах в Черном море и в прибрежной зоне Северного моря вокруг п-ова Ютландия.

Носырев Н.А.

АО «Центр технологии судостроения и судоремонта»

Разработка методов оценки сварочных деформаций корпусных конструкций с применением гибридной лазерно-дуговой сварки

Для обеспечения высокой точности изготовления сварных узлов и корпусных конструкций необходимо учитывать различные параметры технологического процесса сборки и сварки и конструктивные особенности рассматриваемой конструкции. Значительное влияние на форму и размеры конструкции оказывает процесс сварки.

Мировой опыт, в том числе и отечественных научных центров, показал возможность применения технологии гибридной лазерно-дуговой сварки (ГЛДС), обеспечивающей повышение качества и производительности изготовления ответственных конструкций со значительно меньшими деформациями, по сравнению с существующими технологиями.

Крайне актуальной проблемой является борьба с остаточными сварочными деформациями при изготовлении протяженных и объемных корпусных конструкций.

В ходе исследований был произведен сравнительный анализ различных, известных на сегодняшний день, подходов к решению задачи по расчету сварочных деформаций. Установлено, что для выполнения расчетной оценки ожидаемых сварочных деформаций при ГЛДС протяженных конструкций существующий инженерный метод применить затруднительно, также как и классическое решение термомеханической задачи. По этой причине предложено использовать комбинированный метод, при котором расчет выполняется с использованием ЭВМ, но отдельно решаются две задачи: термомеханическая и деформационная. При этом имеется возможность решать термомеханическую задачу для отдельных сварных узлов, входящих в конструкцию, а не для всей крупногабаритной конструкции в целом, что значительно сокращает время расчета и требования к вычислительным ресурсам.

Выполнен анализ различных вариантов выполнения ГЛДС при сварке таврового узла. Получены частные решения термомеханической задачи для различных сочетаний толщин стенки и пояска тавровых соединений из судостроительных сталей нормальной, повышенной и высокой прочности. Полученные данные использованы в расчетах, позволяющих перейти непосредственно к решению деформационной задачи.

На основании полученных результатов может быть выполнена оценка остаточных сварочных деформаций, которые вызывают отклонения формы и взаимного расположения отдельных элементов конструкций после сварки, и сформулированы рекомендации по мероприятиям, направленным на их устранение, в случаях, где это необходимо и технологически оправданно.

**Усанов В.М.,
Колчин Д.В.,
Рудаков В.А.**

АО «ПО «Севмаш»

Испытания и исследования сварочных порошковых проволок отечественного производства и их внедрение на АО «ПО «Севмаш»

Порошковые проволоки для электродуговой сварки объединяют два процесса: сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах и ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

Преимущество порошковых проволок заключается в:

- отличном формировании сварного шва;
- отсутствии разбрызгивания и обеспечении плавного перехода к основному металлу;
- использовании специальных микролегирующих элементов во флюсовом наполнителе;
- обеспечении лучшей защиты сварочной ванны;
- более высокой производительности сварочного процесса;
- более простой технике выполнения сварки.

Порошковые проволоки имеют различное конструктивное исполнение: вальцованные и бесшовные, а по использованию типа флюсового наполнителя разделяются на: основные, рутиловые и металлопорошковые.

В АО «ПО «Севмаш» применяются порошковые проволоки как отечественного производства, так и импортных поставок. Проволоки проходят, в установленном на предприятии порядке, независимые исследования, которые позволяют выявить как положительные, так и отрицательные стороны технологического характера.

Результатом таких исследований является принятие решения о целесообразности применения представленных сварочных материалов для строительства заказов в условиях АО «ПО «Севмаш».

Использование комплексного подхода к испытаниям и исследованиям порошковых проволок позволило снизить количество брака, вызванного применением некачественных сварочных материалов, минимизировать затраты на исправления дефектных участков и уменьшить себестоимость изготовления конструкции.

Одними из последних внедрены сварочные порошковые проволоки марок КРОН-ПП 42-20 и FCW 140 отечественного производителя «МАГМАВЭЛД СПБ». Проволоки прошли полный цикл испытаний, исследований и были рекомендованы для применения в условиях АО «ПО «Севмаш». За время использования данных марок при изготовлении конструкций в обществе нареканий касаясь качества их изготовления зафиксировано не было.

Кушнер Г.А.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

Исследование связанных колебаний гребного вала экспериментального судна

Актуальность. Судовой валопровод представляет собой динамическую систему, которая работает в условиях крутильных, осевых и поперечных колебаний. Большинство научных работ рассматривает отдельные их виды. Совокупность колебаний вызывает дополнительные напряжения, приводящие к снижению несущей способности, возникновению усталостных трещин и поломок валов. Опыт проведения тензометрирования показывает, что в валопроводе может возникать резонанс сразу нескольких видов колебаний, что приводит к кратному возрастанию уровня эквивалентных напряжений. Расчеты параметров связанных колебаний на сегодняшний день только частично регламентированы в правилах классификационных обществ, нет общепризнанной методики их измерения.

Цель. Работа посвящена разработке методики исследований связанных колебаний судовых валопроводов на основе динамических измерений.

Материалы и методы. Исследование связанных колебаний гребного вала проведено на экспериментальном маломерном судне, где стационарный двигатель внутреннего сгорания установлен на фундаменте и приводит в движение валопровод через клиноременную передачу. Измерения параметров колебаний проводились при помощи программно-аппаратного комплекса, адаптированного для одновременной регистрации крутильных, осевых и изгибных деформаций в режиме реального времени. Для измерений деформаций применены три схемы монтажа тензорезисторов с увеличенной чувствительностью и компенсацией температурных деформаций.

Техническое решение является дополнением к существующим методам вибродиагностики.

Результаты и их обсуждение. Проведенный по методике эксперимент позволил установить зону динамической неустойчивости валопровода при частоте вращения от 520 до 560 об/мин. При этом нормальные напряжения составили 30 МПа, а касательные напряжения не превышали 5 МПа. Эквивалентные напряжения в сечении вала достигали 32 МПа.

Выводы. Предложенные в работе методика измерений и адаптированный программно-аппаратный комплекс позволили провести измерения параметров связанных колебаний валопровода экспериментального судна. Результаты могут быть распространены для валопроводов натуральных судов в эксплуатации.

**Горбачева А.А.,
Воробьев А.Н.,
Евдокимова Н.С.**

АО «ПО «Севмаш»

Рассмотрение вопроса применения керамических флюсов российского производства для выполнения автоматической сварки хладостойких сталей

В данной работе представлено сравнение основных характеристик керамических флюсов UF-05, СФМ-101, СФМ-201 отечественных производителей и керамического флюса ОК 10.62 зарубежного производителя, с перспективой замены последнего, а также рассмотрены сварочные материалы для сварки высокопрочных сталей, предназначенных для работы в суровых условиях Крайнего Севера при температуре эксплуатации минус 60 °С и ниже.

Для проведения исследований выполнены наплавочные соединения методом автоматической сварки проволоками марок Св-10ГНА и Св-04Н2ГТА под флюсами марок СФМ-101, СФМ-201, UF-05 и ОК 10.62 согласно требованиям «Правил классификации, постройки морских судов. Часть XIV Сварка» Российского морского регистра судоходства. Выполнены механические испытания проб и определен химический состав металла швов наплавочных соединений.

По результатам проведенных работ можно сделать вывод, что для сварки конструкций, изготавливаемых из судостроительных сталей повышенной и высокой прочности и эксплуатирующихся при низких температурах в условиях Крайнего Севера, имеется возможность применения флюсов отечественного производства.

Данная работа позволила рассмотреть вопрос фактического импортозамещения керамического флюса ОК 10.62 производства шведской фирмы ESAB на флюс российского производства для выполнения автоматической сварки сталей с пределом текучести свыше 460 МПа при изготовлении конструкций объектов, к которым предъявляются высокие требования при их эксплуатации в условиях низких отрицательных температур.

**Бондаренко Ю.В.,
Бондаренко А.В.**

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

Оптимизация формы и конструкций корпуса судна с учетом их технологичности изготовления

Определение трудоемкости и себестоимости изготовления – это достаточно сложная и объемная задача, связанная, как с оптимизацией (топологии и размеров) конструкций, так и необходимостью учитывать нестабильность отдельных составляющих стоимости, которые сильно зависят от колебаний цен на материалы, оборудование, электроэнергию, размеров заработной платы.

Цель исследования – оптимизация формы и конструкций корпуса судна в целях снижения металлоемкости и повышения технологичности конструкций и эффективности судна в целом.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- задача № 1 – оптимизация формы корпуса по критерию минимума сопротивления воды движению судна, с одновременным увеличением длины цилиндрической вставки, площади и числа плоских секций, участков поверхности, имеющих кривизну одного направления. Также должны выполняться требования, предъявляемые к элементам поверхности судна, т.е. водоизмещение и вместимость представляются в виде ограничений.
- задача № 2 – оптимизация конструкций корпуса по критериям минимум массы или себестоимости изготовления конструкций с учетом обеспечения необходимой прочности. Известными величинами являются параметры формы корпуса судна, полученные при решении первой задачи, а также характеристики и элементы судна, полученные на верхнем подуровне проектирования.

Материалы и методы. Задача № 1 решается по средствам применения модуля Flow Simulation SolidWorks. Задача № 2 решается с применением модуля Simulation SolidWorks и приложения Costing SolidWorks. Инструмент Costing, позволяет по настроенным шаблонам, на основе реальной геометрии деталей или сборок (узлов, секций, блоков), рассчитывать себестоимость изготовления для сравнения различных вариантов и принятия окончательного решения. В данные шаблоны можно задавать стоимость листового и профильного проката, плазменной резки, сварочных, гибочных работ, затраты на наладку производства, сварочное оборудование, стоимость различных типов швов, время настройки и стоимость работ, стоимость дополнительных работ;

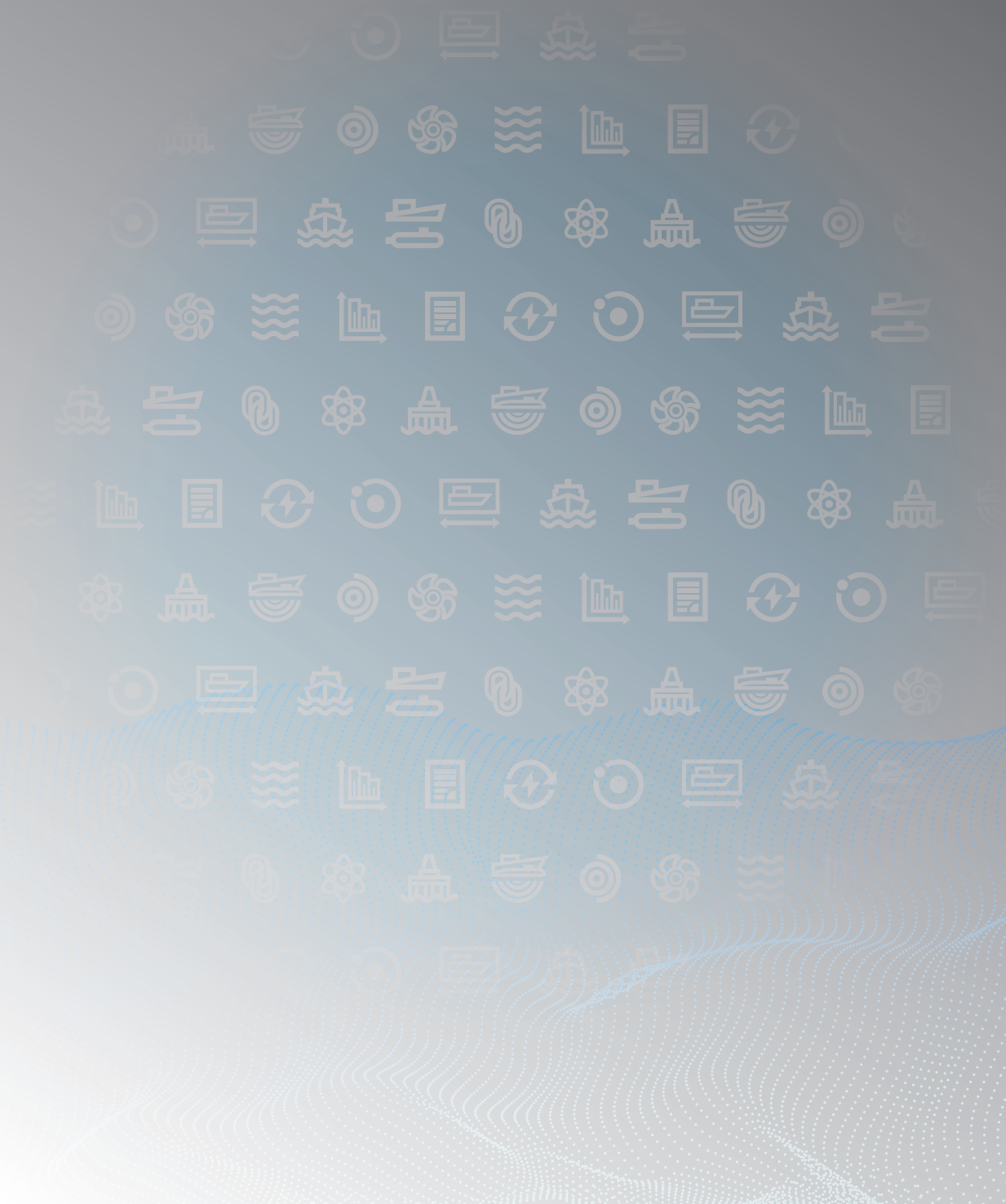
материал и профиль выбирается из библиотеки SolidWorks, указывается толщина материала. Оптимизация конструкций корпуса осуществляется с помощью инструментов «Исследования проектирования» SolidWorks.

Результаты и их обсуждение. В результате решения задачи № 1 можно сказать следующее: оптимизация формы корпуса с учетом налагаемых ограничений, приводит к незначительному увеличению сопротивления воды (около 4,3 %), при этом увеличиваются длина ЦВ и площадь плоского борта и днища S1 (на 16,3 %). Одновременно с этим уменьшились площадь участка с одинаковым радиусом скругления скулы S2 (на 8,8 %), площадь днища с линейными элементами флоров S3 (на 20,3 %) и площадь поверхности участка с кривизной одного направления S4 (на 4,0 %). Незначительное увеличение сопротивления и изменения площадей участков поверхности корпуса S1÷S4 можно объяснить достаточно высокой степенью адекватности математической модели судна и удачным выбором параметров 3D-модели начального приближения поверхности корпуса судна. В результате решения задачи № 2 удалось уменьшить массу проектируемой конструкции (на 2,2 %), при сокращении себестоимости изготовления (менее 1 %), без нарушения требований к прочности конструкции - напряжения по Мизесу не превышают допустимые пределы.

Выводы: как можно увидеть из проделанных расчетов, сварочные, наладочные работы, операции плазменной резки и гибки листового металла (согласно принятой топологии конструкций и технологии изготовления отсека) незначительно влияют на себестоимость (от 1 до 3 процентов). Поскольку масса конструкций и стоимость технологических процессов в этом случае изменяются незначительно, а в свою очередь оптимизация топологии конструкций, в сочетании с выбором материалов и размеров основных элементов (например, бортовых стрингеров, карлингсов и др.), оказывают существенное влияние на металлоемкость и технологичность конструкций (эффект может достигать 6 и более процентов).

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В СУДОСТРОЕНИИ

СЕКЦИЯ 2



Ненашев С.А.
Ненашев В.А.
Рыжов К.Ю.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский Государственный Университет
Аэрокосмического Приборостроения»

Разработка и исследование интеллектуальной пространственно-распределенной многосенсорной системы мониторинга земной и морской поверхности, реализуемого средствами малой корабельной авиации

В работе проведено исследование современных способов мониторинга и алгоритмов комплексирования локационной информации о земной поверхности в многопозиционных бортовых системах. Установлено, что объединение оптического и радиолокационного изображения в единое информационное поле является наиболее эффективным в системах мониторинга земной и морской поверхности с применением малой корабельной авиации.

Разработан алгоритм комплексирования радиолокационных и оптических изображений высокоточной многосенсорной и многопозиционной локационной системы с целью повышения точности определения траекторных параметров физических наземных объектов, наблюдаемых с борта малых беспилотных летальных аппаратов.

Суть алгоритма состоит в совмещении разнородных и разноракурсных изображений, в котором он разделен на модули. Первым модулем является предобработка данных, а также выделение схожих по структуре и контуру областей. Во втором модуле, определяют характерные ключевые точки схожих по структуре областей на кластеризованных изображениях. В третьем модуле, осуществляется поиск преобразования к одному ракурсу на основе найденных пар точек. В четвертом модуле, производится оценка качества, сформированного комплексного локационного изображения. В пятом модуле, проводится адаптивный итерационный подход к модулям 1-4.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № FSRF-2023-0003, «Фундаментальные основы построения помехозащищенных систем космической и спутниковой связи, относительной навигации, технического зрения и аэрокосмического мониторинга».

Шерминская А.А.,
Николаев А.А.

АО «Концерн «Моринсис-Агат»

Разработка систем управления эксплуатацией сложных технических объектов и особенности их взаимодействия с СУ ПЖЦ

В настоящее время существует множество классов систем, обеспечивающих автоматизацию: основных процессов организации (ERP, CRM, SCM), управления данными об изделиях (PDM), промышленного мониторинга (SCADA, MES), управления складскими ресурсами (WMS), документооборота (СЭД/ЕСМ) и других. Однако, сложность интеграции существующих продуктов друг с другом и системами полного жизненного цикла, наличие узкоспециализированных отраслевых задач (перенасыщенность существующих продуктов «ненужным» функционалом, ухудшающим пользовательский опыт работы с приложением), а также сертификация по требованиям безопасности информации выявляют необходимость создания персонифицированных программно-аппаратных решений.

Целью данной работы является определение облика информационной системы управления эксплуатацией (ИСУЭ) сложных технических объектов, представляющих собой территориально-распределенные площадки с набором разнородных технических систем (например, со сложными энергетическими, механическими и гидротехническими агрегатами, большим количеством систем управления технологическими процессами, а также системами связи, энергоснабжения, охраны и прочими). Ключевой областью внимания является обеспечение возможности оперативной интеграции ИСУЭ с системами управления полным жизненным циклом (СУ ПЖЦ).

В работе определены: назначение и задачи ИСУЭ, программно-аппаратная архитектура, технологии разработки программного обеспечения, перечень и объем циркулирующей информации, особенности бизнес-процесса работы с ИСУЭ, критерии эффективности построения подобных систем.

При создании ИСУЭ АО «Концерн «Моринформсистема-Агат» сделана ставка на использование отечественных операционных систем (в том числе защищенной по требованиям безопасности информации ОС «Astra Linux SE») и специального программного обеспечения собственной разработки, предоставляющего широкие возможности по выполнению функциональных задач и модернизации их решений (без использования платформ сторонних производителей).

Предлагаемые решения по созданию ИСУЭ позволяют автоматизировать процессы эксплуатации сложных технических (высокотехнологичных) территориально-распределенных объектов с повышением их качества и оперативности реагирования на события, с ними связанные. Интеграция ИСУЭ с СУ ПЖЦ позволяет получить непрерывно взаимодействующий контур мониторинга и управления в рамках полного жизненного цикла объекта на этапе эксплуатации.

**Гуськова Д.Э.,
Сафронова В.П.**

АО «СПМБМ «Малахит»

Цифровая трансформация на предприятиях

Цифровая трансформация на предприятиях судостроения является актуальным направлением, поскольку она помогает повысить эффективность производства, снизить затраты, улучшить качество продукции, развивать новые бизнес модели и быть конкурентоспособным на рынке.

В докладе описывается важность внедрения цифровых технологий в производственные процессы судостроительных предприятий, а также приводятся примеры успешного применения таких технологий на практике.

Проведен описательный анализ о возможности внедрения технологии «Индустрия 4.0» на предприятия судостроения.

Результатом проведенной работы является повышение осведомленности о важности внедрения цифровых технологий на судостроительных предприятиях, а также демонстрация конкретных преимуществ, которые могут быть получены благодаря такой трансформации.

В современном судостроении актуальность этого вопроса обусловлена необходимостью оперативной адаптации проектов к новым требованиям и изменениям в технологиях производства.

Мальцев Н.А.,
Фролов Н.С.

ПАО СЗ «Северная верфь»

Применение платформы на базе искусственного интеллекта для анализа потока медиа-данных в режиме реального времени

В следствие удешевления технической базы и ряда успехов в сфере численных методов за последнее десятилетие широкое распространение в промышленности получили решения на основе BigData и машинного обучения. В судостроительной промышленности происходит интеграция систем автоматизированного контроля.

Цель работы: тестирование системы RTMIP для определения ее реальной актуальности и ценности для производства на примере поиска и сопровождения лиц в режиме реального времени.

Программное обеспечение включает в себя платформу аналитики медиа-данных в реальном времени «RTMIP», систему контроля доступа предприятия; аппаратная часть включает в себя сервер и IP камеры слежения;

Методы включают в себя: тестирование системы распознавания (лиц, матричных штрих-кодов подвида AprilTag), организацию схемы обмена данными между нейросервисом и системой контроля доступа, серию А/В тестов для выработки оптимального качества потока данных.

Результаты и их обсуждение:

1. RTMIP представляет из себя гибкую low-код систему, позволяющую наладить взаимодействие между видеокамерами и бизнес-логикой посредством встроенного интерфейса (GUI);
2. Бизнес-логика может включать в себя встроенные решения, так и пользовательские разработки;
3. Система отлично справляется с обнаружением лиц и объектов, а также отслеживает их перемещение;
4. В силу специфики обработки видеоряда система требует дополнительной отладки для увеличения быстродействия (увеличение количества кадров на итоговом отображении, распределение вычислений для разгрузки системы анализа);
5. Система отлично распознает AprilTag, однако сам AprilTag имеет ограниченный диапазон значений, а логика библиотеки крайне ресурсозатратна (сказывается на быстродействии системы в целом);

6. Система идентификации сотрудников не совершенна, высок процент ошибки. Причины: чувствительность к расположению камер, неудачный/устаревший алгоритм распознавания.

Система справляется с задачами, связанными с обнаружением и трекингом объектов. На практике система наиболее перспективна для контроля производственных зон, грубого нарушения техники безопасности, определения ЧС, анализа захламленности, отслеживания транспорта, контроля прогресса строительства, формирования отчетной статистики в реальном времени.

На данный момент ведутся работы по улучшению распознавания лиц и мелких объектов, которые являются слабым местом сервиса и, либо требуют неприемлемо больших технических мощностей, либо выдают в целом неудовлетворительный результат.

Литуненко Е.Г.

АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»»

Имитационное моделирование информационного взаимодействия в группе подводных аппаратов

В настоящее время активно развивается направление группового использования подводных аппаратов и создания подводной инфраструктуры, объекты которой обмениваются информацией с использованием средств звукоподводной связи (ЗПС).

Особенностью распространения сигнала ЗПС между двумя абонентами является зависимость коэффициента затухания гидроакустического сигнала от частоты, многолучевое распространение и т.д. Указанные особенности приводят как к существенному ограничению скорости обмена (килобиты в секунду), так и к ограничению расстояния обмена между абонентами.

Одним из ключевых ограничений информационного обмена с использованием ЗПС является работа абонентов сети в полудуплексном режиме, когда излучение собственного сигнала приводит к необходимости блокирования приема сообщений от других абонентов. Данное ограничение приводит к необходимости планирования времени излучения и приема, а также обеспечению согласованности своих действий с другими абонентами сети. Несогласованность параметров излучаемого сигнала (времени, используемой полосы частот, правил кодирования) может привести как к снижению объема принятой информации, так и к его полному блокированию – пропуску.

В работе предлагается модель, позволяющая имитировать информационный обмен в группе подводных аппаратов. Модель реализована на базе объектно-ориентированного подхода, при котором подводный аппарат, модем, среда распространения сигнала, сообщения и другие составляющие, являются объектами соответствующих классов и функционально связаны между собой. Моделирование осуществляется псевдопараллельно, такты моделирования значительно меньше времени распространения сигнала в среде, что позволяет оценить время нахождения сообщения в среде.

Проведено имитационное моделирование информационного обмена в группе подводных аппаратов в соответствии с заданной миссией для отработки протокола взаимодействия по критерию минимизации суммарного времени пребывания сообщения в сети.

**Сафронова В.П.,
Седова К.С.**

АО «СПМБМ «Малахит»

Современные технологии, меняющие судовую инфраструктуру

Одной из важнейших отраслей промышленности в настоящее время является судостроение. Чтобы обеспечить безопасность и эффективность этой области, необходимо постоянно вносить улучшения в судовую инфраструктуру и применять передовые технологии. Новейшие технологии, современные материалы и инновационные решения привели к значительному прогрессу в этой отрасли. Именно поэтому, Россия занимает лидирующее место в судостроении по отношению к другим странам.

В данной статье рассмотрены вопросы о современных технологиях, которые меняют судовую инфраструктуру. Автоматизация судовых операций, беспилотные суда, интернет вещей, искусственный интеллект, технологии энергосбережения и другие инновации, которые уже начали применяться в судостроении и будут иметь огромное значение для его развития в будущем.

Автоматизация и оптимизация играет важную роль в современном судостроении, обеспечивая его развитие и конкурентоспособность на мировом рынке.

Автоматизация и оптимизация в судостроении – это процессы использования передовых технологий и ПО для улучшения производственных процессов и повышения эффективности работы в судостроительной отрасли. Автоматизация включает в себя применение роботизированных систем, автоматических устройств и управляющих систем, которые позволяют выполнять задачи быстрее и точнее, с минимальными затратами.

Оптимизация же включает в себя использование передовых материалов и технологий, оптимизацию производственных процессов и управления проектами, что позволяет сократить время и затраты на производство и улучшить качество готовой продукции.

Технологии автоматизации и оптимизации активно применяются умными портами для процессов, которые ранее выполнялись вручную или с использованием устаревших технологий. Умные порты – это концепция использования современного порта, который использует передовые технологии и инновационные подходы для повышения эффективности и безопасности.

Одним из ключевых элементов порта является применения Интернета вещей (IoT) – технологии, позволяющей связывать устройства, сенсоры и системы между собой и обмениваться информацией. Это позволяет мониторить и управлять различными аспектами портовой деятельности, такими как движение грузов, состояние оборудования, энергопотребление.

Другой важной технологией, используемой в умных портах, является автоматизация процессов. Например, автоматизированные краны могут выполнять операции погрузки и разгрузки контейнеров быстрее и точнее, чем традиционные краны, которыми управляют люди.

Также умные порты используют аналитические инструменты, такие как большие данные (Big Data) и искусственный интеллект (AI), для анализа и прогнозирования различных аспектов работы порта. Это позволяет оптимизировать процессы и уменьшить время простой судов.

В современном судостроении искусственный интеллект играет все более важную роль. Он используется для повышения эффективности и безопасности судовых операций, а также для улучшения процессов проектирования и производства судов.

Умный порт, применяющий искусственный интеллект может значительно упростить и оптимизировать работу порта.

Некоторые примеры того, как ИИ может использоваться в порту:

1. Управление грузоперевозками: С помощью алгоритмов машинного обучения и ИИ, умный порт может анализировать данные о грузах, планировать маршруты и оптимизировать грузоперевозки. Данная возможность позволяет ускорить процесс доставки грузов и снизить затраты на логистику.
2. Управление оборудованием: Умный порт с использованием ИИ может обнаруживать потенциальные неисправности и прогнозировать время проведения технического обслуживания, что позволяет предотвратить непредвиденные остановки оборудования и сократить время простоя. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать данные о работе оборудования, такие как вибрации, температура, давление, и предсказывать возможные проблемы до того, как они произойдут.
3. Управление безопасностью: ИИ может использоваться для анализа и мониторинга данных об аварийных ситуациях, связанных с работой порта. Например, ИИ может использоваться для анализа данных о движении су-

дов в порту и на прилегающих акваториях, а также для мониторинга погодных условий, что позволяет определять потенциальные риски и принимать меры для предотвращения аварий.

4. Управление рисками: ИИ может помочь в определении рисков, связанных с различными процессами в порту, и предложить рекомендации для их снижения. Использование ИИ в управлении рисками может значительно повысить эффективность и эффективность процессов работы порта в целом, помочь снизить риски возникновения аварийных ситуаций и повысить эффективность использования ресурсов.

Умный порт, оснащенный искусственным интеллектом, имеет ряд преимуществ и недостатков. Преимуществами является автоматизация и оптимизация процессов, улучшенная безопасность и уменьшение затрат на персонал и расходы на энергию. Однако, для того чтобы реализовать этот потенциал, требуется значительная инвестиция в технологии и обучение персонала порта. Кроме того, необходимость в большом количестве датчиков, компьютеров и другой технологической инфраструктуре может привести к высоким затратам на оборудование и настройку систем.

Поговорим о возможности построения умного порта в России. На данный момент существуют определенные шаги в этом направлении. Некоторые крупные порты в России уже внедряют различные инновационные технологии, такие как автоматическая система управления и мониторинга транспортных потоков, системы видеонаблюдения и контроля доступа, а также системы определения грузов и контейнеров.

Кроме того, в России активно ведется работа по созданию концепции «Цифрового порта», которая включает в себя внедрение инновационных технологий и цифровых решений в портовую инфраструктуру.

Однако необходимо учитывать, что построение умного порта с использованием искусственного интеллекта – достаточно сложный и дорогостоящий процесс, требующий инвестиций и различных технологий, инфраструктуру и квалифицированный персонал.

На сегодняшний день в России существует несколько примеров применения информационных технологий в портах для повышения эффективности и безопасности портовых операций.

Порт Байкал внедрил систему управления энергопотреблением, основанную на алгоритмах искусственного интеллекта. Данная система позволяет контролировать и оптимизировать потребление энергии в порту, что способствует экономии ресурсов и сокращению затрат на энергопотребление.

Порт Новороссийск ввел в эксплуатацию систему интеллектуального управления транспортными потоками, позволяющую мониторить грузы и контейнеры на всех этапах перевозки, предсказывать объемы грузоперевозок и планировать маршруты доставки грузов.

Порт в Находке на данный момент только начал внедрение информационных технологий, существуют проекты и инициативы, направленные на развитие умных технологий в порту. Система умного порта будет включать в себя

ряд инновационных технологий, таких как системы мониторинга и контроля, системы автоматизации и управления, системы искусственного интеллекта и т.д. Кроме того, в рамках проекта будет создана цифровая платформа, позволяющая упростить и ускорить взаимодействие между клиентами порта, логистическими и таможенными службами.

С учетом растущей потребности в повышении эффективности и безопасности портовых операций, построение умного порта может стать важным шагом в развитии портовой инфраструктуры России в будущем.

Построение умных портов в России имеет важное значение для развития судостроительной отрасли в стране. Умный порт может обеспечить оптимизацию и автоматизацию процессов работы порта, что приводит к ускорению обработки грузов и сокращению времени стоянки судов в порту. Это способствует увеличению оборотов грузов и повышению эффективности работы порты. Быстрое и эффективное обслуживание судов в умном порту также может привлечь новых клиентов и инвесторов, что повышает конкурентоспособность на международном рынке. Умные порты могут обеспечить безопасную и экологически чистую работу порта. Благодаря использованию современных технологий мониторинга и контроля, умный порт может предотвратить возможные аварии и сбои в работе порта, что повышает безопасность на морском транспорте.

Таким образом, строительство умных портов в России имеет важное значение для судостроительной отрасли в стране, и может способствовать ее дальнейшему развитию и конкурентоспособности на международном рынке.

Акимов О.О.

АО «ЦКБ «Коралл»

Интеллектуальный мониторинг систем морской стационарной платформы с использованием цифровой модели

Современной тенденцией при эксплуатации сложных инженерных технологических объектов, таких как морская стационарная платформа (МСП), является интеграция различных комплексов оборудования и программного обеспечения в единую систему мониторинга. Создание такой системы позволяет облегчить службам эксплуатации решение задач, связанных с обслуживанием оборудования, объединив получаемые разнородные данные в удобную для представления и восприятия форму web-интерфейса. Учитывая курс развития российской промышленности в области цифровизации, следующим

перспективным шагом является интеграция средств мониторинга и цифровой информационной модели (ЦИМ), то есть создание интерактивного мониторинга систем МСП.

Целью исследования является оценка возможности реализации интерактивного мониторинга систем МСП на базе предлагаемых для промышленных отраслей решений в области цифровых технологий.

Методика исследования основана на проведении анализа ряда публикаций по цифровизации управления жизненным циклом производства промышленных объектов с учетом опыта проектирования МСП.

При проведении анализа рассмотрены основные тенденции теоретического и практического применения инструментов ЦИМ на производстве. Изучены примеры мирового опыта реализации проектов цифровизации производственных объектов различных отраслей промышленности.

Опираясь на данные, полученные в ходе исследования, предложен вариант использования системы интеллектуального мониторинга для целей обслуживания оборудования связи, навигации и сигнализации с применением инструментов ЦИМ, цифрового двойника, а также средств видеоаналитики и контроля местоположения.

С учетом количества решений в области цифровых промышленных технологий, предлагаемых как зарубежными, так и отечественными компаниями, интерактивный мониторинг систем МСП является востребованным, а для его реализации имеется достаточная научно-техническая база. Обслуживающий персонал в свою очередь получает удобный инструмент для эффективного решения задач, возникающих в процессе эксплуатации МСП.

Бондаренко Ю.В.,¹

Бондаренко А.В.²

Ковалев А.А.³

¹ ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

² ООО «ТОПМЕД-ДВ»

³ АО «Центр судоремонта «Дальзавод»

Построение судовой поверхности проектируемого судна с помощью САПР Solid Works

Активное внедрение систем автоматизированного проектирования позволяет не только сократить сроки проектирования, но и повысить качество будущих изделий, проектно-конструкторской документации, способствует принятию обоснованных решений, направленных на снижение металлоемкости конструкций, объема технологических работ, трудоемкости техноло-

гических операций. Появление параметрического моделирования позволило изменять геометрию и размеры объекта на основе инженерного анализа и оптимизации, а создание цифрового макета изделия – организовать его сопровождение в течение всего жизненного цикла (от проектирования до утилизации изделия).

Цель исследования – описать процесс создания судовой поверхности с помощью САПР Solid Works.

САПР SolidWorks; учебное пособие Бугаев В.Г., Дам Ван Тунг «Информационные технологии в жизненном цикле морской техники»; учебное пособие Бугаев В.Г., Киричик П.И. и др. «Технология и организация автоматизированного сопровождения судов».

При разбиении корпуса на отдельные участки и создании каркаса судовой поверхности необходимо соблюдать определенные правила:

1. Избегать разбиения поверхностей на отдельные участки (за исключением плоских), так как стыковка отдельных участков достаточно трудоемка и не всегда приводит к желаемым результатам;
2. Поверхности, имеющие линии слома, обязательно подлежат разбиению на отдельные участки;
3. Участки плоского борта и плоского днища подлежат обязательному выделению в отдельные поверхности;
4. Избегать использования степени NURBS-поверхности выше третьей. Наибольшее распространение для создания поверхностей в САПР Solid Works получили сплайны, кривые Безье, B-сплайны;
5. Для создания поверхности лучше всего использовать четыре каркасных линии, это делает поверхность более удобной и наглядной для последующего редактирования. Каркас судовой поверхности должен быть топологически замкнутым контуром, т.е. последняя и первая точка каркаса должны быть топологически увязаны, а также все общие точки должны быть увязаны.

В данной работе на конкретных примерах судовой поверхности различных судов, дано описание наиболее простого способа построения судовой поверхности в среде САПР Solid Works. А также даны рекомендации для создания дальнейшей проектной документации.

Юхневич А.В.,
Саляев А.В.

ПАО СЗ «Северная верфь»

Механизмы интеграции и способы их реализации между информационными системами

В судостроительной промышленности используется огромный парк различных ИС, обладающих разными возможностями с точки зрения обмена информацией. При этом есть необходимость обмена информацией между заводом-строителем, проектантом, управляющей компанией и некоторыми подрядчиками.

На основании практического опыта реализации провести сравнительный анализ способов и методов интеграции, выдать рекомендации.

Сравнительные качественные характеристики обменов на реальных примерах и информационных системах.

1. Нет рекомендаций и регламентирующих документов по способам обмена внутри и между организациями.
2. Отсутствие унифицированной системы обмена между заводами-строителями и управляющей компанией.
3. Интеграция файлами, плюсы, минусы, реальные примеры сложностей в данном подходе.
4. Интеграция посредством REST/SOAP API, плюсы, минусы, примеры.
5. Интеграция с помощью шины данных.
6. Интеграция с помощью RPA (программная роботизация) – как способ интеграции с ИС, изначально для этого не предназначенной.
7. Консолидирующая интеграция данных в BI систему посредством ETL-механизмов.
8. Особенности использования способов интеграции при передаче больших объемов данных, сложности с использованием конкретных способов интеграции в связи с необходимостью серьезных и дорогостоящих доработок со стороны ИС, так как изначально они не предусматривались разработчиком.
9. Сложности в согласовании выбора удобного обеим сторонам способа обмена.
10. Используется слишком много способов интеграции, что в свою очередь приводит к проблемам унификации систем, усложнению мониторинга, возрастанию сложности итогового комплекса.

На опыте использования различных методов принят основной формат обмена с использованием шины данных, который планируется к использованию везде, где это возможно.

Рекомендуется ОСК принять единый стандарт обменов для будущих проектов интеграции, а также дорожную карту по переводу текущих сервисов обмена.

**Давлетова Д.А.,
Романов С.Ф.**

ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»

Повышение качества контроля герметичности люковых закрытий трюмов морских судов

Герметичность люковых закрытий трюмов морских судов является очень важным аспектом безопасности на море. Надежность закрытия люков трюмов гарантирует сохранность груза и предотвращает возможность попадания воды в трюм, что может спровоцировать перекачку судна или даже катастрофу.

Объектом научной работы является разработка и оптимизация методики измерений, позволяющей повысить точность и надежность определения герметичности люковых закрытий трюмов на морских судах.

Целью работы является повышение безопасности и предотвращение возможных аварий на морском транспорте, связанных с проникновением воды в трюмы судов. Для достижения этой цели исследование будет проводиться с использованием автоматизированных ультразвуковых методов контроля герметичности люковых закрытий с дистанционным мониторингом, которые позволяют получать точные и надежные результаты без повреждения закрытий или трюмов судна.

Предложенный автоматизированный ультразвуковой метод контроля герметичности люковых закрытий трюмов морских судов имеет важное теоретическое и практическое значение, поскольку он позволяет:

1. Определить точность и надежность метода.
2. Оценить возможности практического применения на судах.
3. Изучить возможность расширения применения на различных типах судов и в различных условиях эксплуатации.
4. Позволить разработать новые технологии, которые снизят стоимость оборудования и эксплуатации.

Кроме того, продолжение исследований в области ультразвукового контроля герметичности уплотнений позволит разрабатывать новые методики диагностирования состояния соединений, уплотнений, рабочих поверхностей оборудования. Что значительно повысит работоспособность и надежность оборудования. Данный аспект особенно важен при развитии инфраструктурных и промышленных объектов в условиях Арктики.

Альбаев Д.А.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет»

Определение амплитуд нелинейной качки судна на основании трехмерной потенциальной теории

Проблема оценки мореходности и обеспечения безопасности мореплавания в настоящее время является одной из основных и актуальных для российского судостроения. Для решения данной задачи необходим метод уточнения структуры нелинейных гидродинамических сил, действующих на судно, и вызываемые ими амплитуды качки.

Целью настоящей работы является разработка и реализация метода расчета нелинейных сил и амплитуд качки судна второго порядка на основании трехмерной потенциальной теории в бесконечно-глубокой жидкости и на мелководье.

В работе применяется панельный метод расчета потенциального движения тела, основанный на применении теоремы Грина. Данный подход, в совокупности с методом малого параметра, позволяет уточнить структуру сил и амплитуд за счет учета составляющих второго порядка малости.

Представлены метод и программы для расчета нелинейных сил различных категорий и амплитудно-частотных характеристик качки. Проведена апробация расчетов каждой отдельной категории нелинейных сил с расчетами по двумерной теории как в бесконечно-глубокой жидкости, так и на мелководье. Продемонстрировано, что каждая категория нелинейных сил в зонах супергармонических резонансов основных видов качки имеет равнозначный вклад. Приведено сравнение результатов амплитудно-частотных характеристик с экспериментальными данными. Проведены исследования влияния курсового угла и относительной глубины на нелинейные силы и амплитуды качки второго порядка для различных типов судов. Показано значительное влияние данных параметров.

Полученные результаты говорят о корректности представленного метода и необходимости учета нелинейных сил и амплитуд качки для точной оценки мореходности и обеспечения безопасности мореплавания.

Большев А.И.

АО «Невское ПКБ»

Анализ взаимодействия воздушного потока с надводной частью корабля методами вычислительной гидродинамики

В связи с наличием на кораблях и судах различного назначения авиационного вооружения, остро стоит вопрос оценки влияния структуры воздушных потоков в районе взлётно-посадочных площадок на возможность эксплуатации авиационной техники на ранних стадиях проектирования;

Цель работы – оценка возможности определения полных составляющих аэродинамических сил, действующих на надводную часть корпуса и моделирования структуры воздушных потоков над палубой корабля с использованием методов вычислительной гидродинамики и валидация результатов моделирования по данным модельных испытаний.

В работе использовался метод решения уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу (RANS). В качестве модели турбулентности использовалась K-OMEGA-SST. Также по результатам работы была предпринята попытка применения метода крупных вихрей (LES) с моделью турбулентности Смагоринского для модельной постановки задачи.

Погрешность между результатами численного моделирования и эксперимента, выполненного в аэродинамической трубе крыловского центра составляет от 6 до 17%. При моделировании воздушного потока над поверхностью палубы в ряде точек отмечаются существенные расхождения по величине и направлению скорости потока. Результаты были представлены на конкурсе молодых специалистов в АО «Невское ПКБ»;

Необходимо продолжение исследования путем применения иных моделей турбулентности, обсуждение результатов в профильных организациях.

**Бондаренко Ю.В.,
Бондаренко А.В.,
Ковалев А.А.**

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

Оптимизация формы корпуса крабового судна с бульбовой носовой оконечностью для промысла в Дальневосточном бассейне

При проектировании судна на выбор формы его корпуса влияют тип и назначение судна, многолетний эксплуатационный и инженерный опыт, результаты научных исследований и т.п. Как показывает практика, численные методы исследования имеют явные преимущества (по стоимости и срокам проведения) по сравнению с экспериментальными, суть которых – отработка, например обводов корпуса судна «методом проб и ошибок». По мнению авторов статьи, близкий к экспериментальному метод численного моделирования – весьма удобен при проектировании формы корпуса.

Цель исследования – с помощью численных методов выполнить оптимизацию формы корпуса промыслового судна, при которой выполняются требования, предъявляемые к элементам поверхности, с целью обеспечения его эффективности и безопасности плавания. В данной работе общая задача по оптимизации формы корпуса промыслового судна разделяется на две подзадачи, в силу большого количества параметров и противоречивого характера их влияния на сопротивление, а также сложности анализа результатов исследований.

Задача №1: необходимо определить размеры X_k (L , B , T , $x_{шнц}$) корпуса судна, при которых водоизмещение (D) имеет заданное (расчетное) значение и выполняются требования, предъявляемые к элементам поверхности судна (без учета сопротивления воды). Цель (критерий): искомое значение водоизмещения по ГВЛ.

Задача №2: посвящена выбору из совокупности допустимых вариантов наилучших с точки зрения ходкости, с одновременной оптимизацией формы носовой (формы бульба) и кормовой оконечностей.

1. Оценивая влияние длины l_6 и высоты h_6 бульба на сопротивление судна (при $b_6 = 1,5$ м) можно сделать следующий вывод. Смещение центра объема бульба вверх или вниз (изменение h_6 в пределах от 1,1 до 1,4 м) от оптимального значения (при $h_6 = 1,3$ м и $l_6 = 1,0$ м) приводит к увели-

чению сопротивления на $2,2 \div 5,6\%$ соответственно. При увеличении либо уменьшении длины бульба l_6 по сравнению с оптимальным – сопротивление увеличивается на $2,3 \div 4,9\%$.

2. Смещение центра объема бульба в нос и в приклеивую область позволяет заострить ватерлинии в районе ГВЛ и тем самым уменьшить размеры носовой подпорной волны. Одновременно с этим уменьшается интенсивность перетока воды к днищу и образование скуловых вихрей, что делает обтекание корпуса более плавным. Смещение же центра объема бульба вверх приводит к благоприятной интерференции волн, однако существенных преимуществ при $b_6 = 1,5$ м не дает, что наглядно видно на эпюре сопротивления.
3. Влияние длины l_6 и ширины b_6 бульба на сопротивление судна ($h_6 = 1,3$ м). При любых изменениях длины l_6 и ширины b_6 бульба в пределах граничных условий происходит увеличение сопротивления до $8,4\%$ (точка $l_6 = 0,8$ м, $b_6 = 1,3$ м), за исключением точки с координатами $l_6 = 1,2$ м, $b_6 = 1,5$ м, в которой происходит локальное уменьшение сопротивления на $0,5\%$.
4. Влияние высоты h_6 и ширины b_6 бульба на сопротивление судна ($l_6 = 1,0$ м). Положительное влияние бульба (в околооптимальной области) достигается за счет благоприятной интерференции волн, создаваемых бульбом и корпусом судна, приводящей к уменьшению волнового сопротивления. Для таких судов характерны каплеобразные бульбы. Отклонение высоты h_6 и ширины b_6 бульба в ту или иную сторону приводит к достаточно большому увеличению сопротивления.
5. Близкая к лыжеобразной форма кормовой оконечности с умеренно U-образными шпангоутами делает линии тока параллельными батоксам и улучшает подток воды к винту. Следует отметить, что форма бульба мало влияет на обтекание корпуса судна в кормовой оконечности и, следовательно, на ее сопротивление. Однако это заключение неоднозначно, касается рассматриваемого судна и требует дополнительных исследований. В действительности влияние формы и размеров бульба на сопротивление и маневренность судна более сложно и зависит от многих факторов, в том числе от особенностей эксплуатации на промысле.

Решение задач осуществляется с помощью программного обеспечения Simulation и FlowSimulation SolidWorks.

В данной работе проводился анализ влияния длины, ширины, угла наклона бульба и угла наклона конструктивной ватерлинии к диаметральной плоскости судна на оптимальную форму корпуса промыслового судна. В ходе решения задач была построена зависимость сопротивления воды от скорости судна, а также была спроектирована оптимальная форма бульбовой носовой оконечности промыслового судна.

**Горячев И.С.,
Дегтярев А.В.,
Черный С.Г.**

ФГБОУ ВО «Керченский государственный
морской технологический университет»

Обеспечение безопасного маневрирования судна при повышенном трафике

Для обеспечения безопасного управления процессом маневрирования, выборе конструктивных решений при проектировании новых судов, в процессе контроля над движением судов в береговых средствах навигационного оборудования возникает необходимость оценить величину тормозных путей. Однако при обычных способах определения величины тормозного пути для этого необходимо значительное количество подробных данных о судне, которые не всегда можно получить во время эксплуатации или проектирования. При этом ошибки при проектировании стоят наиболее дорого, поскольку изменить после постройки параметры корпуса и главного двигателя невозможно.

Целью исследований являлся анализ аварийности мирового флота и синтез алгоритма безопасного управления процессом маневрирования судна на имитационной модели.

Особенностью характеристик является их автономность от характера ограничений и начальных условий. Кроме того, согласно Резолюции 17 требуется специальная подготовка судоводителей для работы на крупнотоннажных судах и судах с необычными характеристиками. Постановка такого требования ошибочна, поскольку судов с необычными характеристиками нет. Есть объект управления, и он имеет соответствующие ему характеристики. Судоводитель должен их знать и учитывать при планировании процесса маневрирования. На выходе системы информация о маневренных свойствах поступает в систему планирования траектории движения и косвенно влияет на систему управления движением.

Пялов К.Н.^{1,2}

¹ АО «ЦКБ МТ «Рубин»;

² Санкт-Петербургский государственный морской университет, Санкт-Петербург, Россия

Диссипация энергии звуковой волны в акустическом пограничном слое границы жидкость – твердое тело

Исследования процессов поглощения звука для решения различных задач судовой акустики всегда были и остаются актуальными. Целью работы является изучение влияния диссипации энергии в акустическом пограничном слое (АПС) на параметры отраженной и преломленной волн, возникающих при взаимодействии плоской звуковой волны с границей раздела жидкость-твердое металлическое тело. Диссипация энергии в АПС поверхности твердого тела происходит за счет затухания неоднородных вязких и тепловых волн, формирующих АПС. Для достижения поставленной цели использовалась теория АПС.

Анализ проводится на примере границы раздела вода – сталь. Протекание диссипативных процессов в АПС сопровождается поглощением энергии звуковой волны, величина которого пропорциональна коэффициенту поглощения D . Показано, что с ростом частоты волны значения D увеличиваются. Диссипация энергии в АПС заметно проявляется при углах падения волны $\theta \geq \theta_{\text{fr}}$, где θ_{fr} – угол полного внутреннего отражения. При $\theta \geq \theta_{\text{fr}}$ величина D растет и по мере увеличения θ и достигает максимума D_{m} . Замена воды любой химически чистой неорганической жидкостью приводит к возрастанию коэффициента поглощения D в 2...4 раза. Величина тепловыделения в АПС зависит от соотношения физических параметров твердого металлического тела и контактирующей с его поверхностью жидкости.

Рудой В.К.

АО «Невское ПКБ»

Построение модели гребного винта и оценка его ГДХ методами вычислительной гидродинамики

В настоящий момент, гребной винт является наиболее распространенным типом движителей для кораблей и судов. В связи с этим, актуальной является задача оценки его гидродинамических характеристик в свободной воде, а также коэффициентов взаимодействия с корпусом корабля или судна на ранних стадиях проектирования;

Целью настоящей работы является определение гидродинамических характеристик винта в свободной воде методами вычислительной гидродинамики и валидация результатов моделирования по данным модельных испытаний;

В работе использовался метод решения уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу (RANS). В качестве модели турбулентности использовалась K-OMEGA-SST.

Разница между данными модельных испытаний и моделирования методами вычислительной гидродинамики составила от 0 % до 10 % по упору и моменту в большом диапазоне значений относительной поступи. Исключения составили режимы близкие к швартовному. Результаты были представлены на конкурсе молодых специалистов в АО «Невское ПКБ»;

Расчеты произведены с приемлемой сходимостью и затратами вычислительных мощностей для ранних стадий проектирования.

Скородумов В.П.

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Разработка конструкции насадочного динамометра для проведения модельных испытаний в глубоководном опытовом бассейне перспективных движительных комплексов

Данная работа заключается в анализе существующей базы насадочных динамометров, проектирования, изготовления, аттестации и сопровождения нового динамометра для измерения сил на насадке со спрямляющим аппаратом.

Фадеев Д.Е.

НИИ Спасания и подводных технологий ВУНЦ ВМФ ВМА

Метод автостабилизации по дифференту при подъеме затонувших объектов способом восстановления собственной плавучести

Подъем затонувших объектов является актуальной задачей.

За последние годы в нашей стране существенно возросло число затопленных крупногабаритных затонувших объектов, которые создают препятствия для эксплуатации акваторий и загрязняют природную окружающую среду. Предпочтительным способом их подъема является восстановление собственной плавучести, эффективность которого зависит от возможности ограничить динамику всплытия.

В НИИ спасания и подводных технологий ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» в рамках НИР «Гиперион-2022» разработана методика расчета эффекта автостабилизации по дифференту при подъеме затонувших объектов на малых и средних глубинах путем восстановления их собственной плавучести, основанная на совместном решении уравнений сил и моментов сил, действующих при подъеме, и отличающаяся учетом формы и величины продутых объемов в зависимости от дифферента и пространственного положения поднимаемого объекта относительно поверхности воды, учетом потерь Архимедовой силы при выходе части поднимаемого объекта из воды и подъемных сил в вышедших из воды продутых объемах.

Работоспособность методики проверена расчетом гипотетического плавучего дока с произвольно заданными массогабаритными характеристиками при всплытии в два этапа – одной окончательностью и второй окончательности для 27 расчетных случаев, отличающихся расположением отжимных труб и последовательностью продувки. Расчет показал, что эффект автостабилизации по дифференту на малых и средних глубинах в наибольшей степени достигается путем установки во внутренних объемах поднимаемого затонувшего объекта отжимных труб со смещением в сторону ближе расположенных окончательностей при продувке внутренних объемов на обоих этапах всплытия, начиная с поднимаемой окончательности.

Способ подъема затонувших объектов с малых и средних глубин восстановлением собственной плавучести с применением эффекта автостабилизации по дифференту защищен патентами Российской Федерации №2720299 от 28.04.2020 г. и №2779337 от 06.09.2022 г.



Вынгра А.В.
Ерофеев П.А.
Черный С.Г.

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»

Исследование активного фильтра тока судовых электроэнергетических систем с нечеткими алгоритмами

Актуальность работы обуславливается широким развитием и распространением на судах электронной техники, требующей высоких показателей качества электроэнергии для корректной и надежной работы.

Целью работы является поиск наиболее оптимальный и эффективным алгоритмов и методов управления системами повышения качества электроэнергии на судах, в частности активными фильтрами тока.

Исследование производилось с помощью имитационного компьютерного моделирования электрических схем и регуляторов в системе Matlab/Simulink.

В статье рассматриваются аспекты активной фильтрации тока для гармоник низкой частоты. Разработана имитационная модель автономной системы электроснабжения, включающая неидеальный источник электроэнергии, линии электропередач, и нелинейный потребитель. Для повышения качества электрической энергии в системе спроектирован активный фильтр тока, подключенный параллельно нагрузке. В основе генерирования компенсирующего воздействия рассмотрены и исследованы традиционный ПИД регулятор и регулятор на нечеткой логике.

В ходе моделирования определены оптимальные настройки правил нечеткого регулирования активной компенсации тока, проанализированы полученные данные работы активного фильтра с ПИД регулятором и с нечетким регулятором. Выявлены сильные и слабые стороны работы регуляторов, определен дальнейший вектор проведения исследований.

Доржиева Б.С.
Железняк В.Н.

АО «Силовые машины» – «Завод Электросила»

Главные турбогенераторы для судовых электроэнергетических систем

Развитие судостроительной отрасли Российской Федерации тесно связано с развитием арктических нефтегазовых проектов освоения шельфа, для которых реализуются проекты по развитию атомного ледокольного флота и инфраструктуры. Электроснабжение собственных и береговых потребителей осуществляет основная электроэнергетическая система (ЭЭС). В режимах нормальной эксплуатации электрическая энергия вырабатывается главными турбогенераторами.

Завод «Электросила» имеет обширный опыт изготовления турбогенераторов для атомных ледоколов (1972-1990) и плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС).

Завод «Электросила» изготавливает турбогенераторы с воздушным охлаждением серий ТА, ТФ и ТЗФ в диапазоне мощностей 6-40 МВт, при этом мощность турбогенератора может быть повышена в зависимости от мощности энергоустановки. Соответствие параметров турбогенераторов значениям, указанным в Техническом задании, подтверждается на испытательном стенде завода. Также результаты испытаний подтверждают возможность эксплуатации турбогенераторов в районах с морским климатом и для судов неограниченного района плавания с учетом требований Российского морского регистра судоходства (РМРС).

Непрерывное совершенствование конструкций генераторов обеспечивает повышение КПД, улучшение массо-габаритных показателей и соответствие технических характеристик современному мировому уровню. Для атомных ледоколов и плавучих энергоблоков возможно блочное (модульное) исполнение с установкой на раме и транспортировкой в сборе. На данный момент референция генераторов блочного исполнения включает более 20 энергоблоков.

Дураков Д.Н.¹
Лобынцев В.В.¹
Москвич Д.В.²

¹ НИЦ «Курчатовский институт»

² ФГКУ «12 ЦНИИ» Минобороны России

Разработка программного комплекса расчетного моделирования корабельных электроэнергетических систем и систем электродвижения

В настоящее время обострилась необходимость в отечественном программном комплексе для моделирования электротехнических устройств и систем в обеспечение проектирования и расчетного обоснования проектных решений, создания тренажерных комплексов и цифровых двойников корабельных энергетических установок. В ходе выполнения работы были получены положительные результаты программной реализации матричных вычислений высокой производительности, позволяющие на основе частных математических моделей электронной компонентной базы, формализованных в виде матричных заготовок, составлять электрические схемы произвольной топологии и выполнять численный анализ их работы, в том числе, в режиме реального времени. Разработан и опробован программный комплекс, основанный на технологии численного моделирования корабельных электроэнергетических систем и систем электродвижения.

Егоров А.Е.

ФГУП «Крыловский государственный научный центр» – «ЦНИИ СЭТ»

Создание роботизированных средств внутритрубной диагностики объектов морской техники

В данном исследовании рассмотрена возможность повышения качества проведения работ по внутритрубной диагностике методами неразрушающего контроля, производимых в замкнутом пространстве трубопроводов различных гидротехнических сооружений или иных систем крупных судов за счет увеличения мобильности и проходимости роботизированной системы.

Целью работы является разработка роботизированного комплекса, способного производить обход препятствий и смену положения внутри трубы.

Исследование работы проводится при помощи компьютерного моделирования численными методами с учетом стохастического поведения системы в рабочем пространстве трубы. В качестве решения предлагается роботизированный комплекс, снабженный системой силомоментной обратной связи. С целью уменьшения нестабильности поведения в процессе перемещения роботизированной системы применяется метод вибрационной линеаризации. Результаты моделирования подтверждают работоспособность предлагаемого робототехнического комплекса с учетом его сложнопредсказуемого поведения в замкнутом пространстве трубы.

Зайцева Т.С.

АО «Силовые машины» – «Завод Электросила»

Особенности конструкции погружного электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов

Наиболее перспективные с точки зрения надежности электродвигатели – это электродвигатели переменного тока погружные, безуплотнительные. В работе рассмотрен погружной синхронный двигатель с возбуждением от постоянных магнитов, описаны особенности конструкции.

Цель исследования – выявление особенностей конструкции электродвигателя на постоянных магнитах погружного исполнения.

При проведении исследования использовались следующие методы:

1. эмпирического уровня – сравнение конструкций машин;
2. экспериментально-теоретического уровня – эксперимент, лабораторный опыт, анализ материалов и конструкций узлов, а также моделирование результатов электромеханического расчета;
3. теоретического уровня – анализ полученных результатов.

В результате проведения разработки и испытаний макета, экспериментальной отработки принятых технических решений был разработан погружной синхронный двигатель с возбуждением от постоянных магнитов. Представленная конструкция «двигатель – винт» имеет большую тягу, что отличает его от традиционной конструкции. Кроме того, двигатель такого типа отличает высокая ремонтопригодность, способность модульной замены, за счет того, что ротор, статор и винт выполняются в виде отдельных модулей и могут быть заменены при повреждении.

Основное применение машины с возбуждением от постоянных магнитов находят в качестве гребных электродвигателей, как наиболее эффективные и надежные, что отвечает требованиям для подобного оборудования. С развитием постоянных магнитов, появлением новой конструкции винтов электродвигатели такого типа имеют перспективу применения.

Иванов К.С.
Соколов Д.А.

ФГУП РЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина

Развитие и совершенствование компетенций разработки пропульсивных комплексов

В докладе представлена модель пропульсивной системы на основе винто-рулевых колонок (ВРК) с полупогружным электродвигателем (типа Azipod), приведен обзор по осваиваемым компетенциям в области разработок систем управления подруливающими устройствами, ВРК, винтом с регулируемым шагом.

Рассматриваемая ВРК с полупогружным электродвигателем состоит из установленного в корпусе судна узла поворота, от которого при помощи электродвигателей через зубчатое зацепление, представляющее планетарную передачу, приводится во вращение пропульсивный модуль, в состав которого входит сопряженная с узлом поворота стойка, в основании у которой расположена гондола, содержащая электродвигатель на постоянных магнитах номинальной мощностью 2 МВт, на валу которого монтируется винт диаметром 3 м.

Управление ВРК может быть осуществлено при помощи проработанной системы, в которой актуально задействовать аппаратные средства отечественных производителей, на которые распространяется свидетельство о типовом одобрении от Российского морского регистра судоходства (РМРС), такие как сенсорные панели, программируемые логические контроллеры, дискретные и аналоговые модули ввода и вывода.

Программная составляющая системы управления пропульсивным устройством разрабатывается в свободно распространяемом продукте Codesys, при помощи которого синтаксис самой программы может быть реализован на языках стандарта МЭК 61131-3.

Приведено сравнение блок-схем алгоритмов систем управления винтом с регулируемым шагом при использовании средств автоматизации с использованием гидравлики и линейного электропривода.

Представлены наглядные структуры реализации управления пропульсивными системами. Отмечено, что в отсутствии реального пропульсивного устройства целесообразно использовать программно-аппаратный имитатор, в том числе и винто-рулевых колонок с полупогружным электродвигателем.

Мохова О.В.

ФГУП «Крыловский государственный научный центр» – «ЦНИИ СЭТ»

Итеративный синтез нелинейной системы управления импульсным источником тока большой мощности

В данном исследовании в связи с растущими требованиями к качеству процесса размагничивания рассматривается возможность повышения его уровня за счет создания в обмотках индукторов импульсных знакопеременных магнитных полей убывающей амплитуды с заданными параметрами с помощью импульсного источника тока большой мощности. Он представляет собой трехмашинный агрегат из механически связанных разгонного асинхронного двигателя, приводного синхронного двигателя и генератора постоянного тока с независимым возбуждением.

Целью работы является разработка системы управления электромеханическим импульсным источником тока большой мощности, обеспечивающей его устойчивое функционирование и позволяющей производить высокоточную отработку программно заданной импульсной последовательности тока.

Исследование работы импульсного источника тока большой мощности производится путем математического моделирования с учетом различного рода нелинейностей, в частности, явления магнитного гистерезиса, наблюдаемое в генераторе постоянного тока. Возможность представления математической модели импульсного источника тока в импульсном режиме работы в виде каскадного соединения двух подсистем, описывающих переходные процессы в синхронном двигателе и генераторе постоянного тока, позволяет применить метод бэкстеппинга для синтеза системы управления объектом.

Результаты моделирования показали, что итеративный синтез нелинейной системы управления импульсным источником тока большой мощности позволяет генерировать выходной ток в соответствии с поставленными требованиями к качеству формирования импульсной последовательности тока из разнополярных импульсов трапецеидальной формы с убывающей амплитудой с заданными параметрами.

Нестеров И.А.

Фролов И.В.

АО «Силовые машины» – «Завод Электросила»

Моделирование и исследование бандажного узла роторов на примере турбогенераторов производства завода «Электросила» для нужд гражданского судостроения

Цель работы: исследование НДС (напряженно-деформированного состояния) бандажных узлов ротора турбогенератора с учетом реального взаимодействия элементов лобовых частей бандажных узлов под действием основных факторов, возникающих при работе турбогенератора.

Существующие и применяемые методики и подходы к расчету НДС бандажных узлов опираются на ряд допущений, которые приводят к занижению или завышению реальных значений, поскольку не учитывают действительного характера поведения лобовых частей бандажных узлов.

Объект работы: лобовые части ротора обмотанного и бандажные кольца перспективного турбогенератора серии ТФ.

Задачи работы: обоснование необходимости учета реального поведения бандажных узлов, разработка методики расчета и демонстрация принципиальной возможности создания имеющимися современными вычислительными средствами.

Методы работы: математическое моделирование с использованием конечно-элементного вычислительного комплекса Ansys.

Результаты работы: получена полная картина НДС бандажного узла, дающая представление о характере взаимодействия деталей лобовых частей узла под действием ц.б. сил и температурных деформаций.

Основные выводы по проделанной работе: показана разница по сравнению с принятыми методиками оценки прочности колец, а также принципиальная возможность применения предлагаемого подхода.

В чем состоит новизна и оригинальность работы: ввиду высоких требований и зачастую малодоступных вычислительных средств к ПО до недавнего времени, моделирование бандажного узла с учетом деталей лобовых частей обмотки ротора носило некорректный характер. Новизна разработанной методики позволяет более подробно учитывать характер НДС бандажного узла, а значит результат расчета отражает действительный характер поведения лобовых частей бандажных узлов.

Ценность работы: настоящая работа позволяет обосновать возможность уточнения запасов прочности, а также полезна при разработке и оптимизации вновь разрабатываемых лобовых частей и бандажных узлов роторов турбогенераторов.

Перспектива использования результатов работы: предлагаемая методика позволяет учесть реальное поведение конструкции бандажных узлов при разработке и оптимизации вновь разрабатываемых лобовых частей и бандажных узлов роторов турбогенераторов.

Потапов М.В.
Боровиков П.В.

ФГУП РЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина

Опыт разработки погружных электроприводов. Выбор изолирующих материалов для электропривода

Актуальность заключается в создании научно-производственного задания по разработке и производству погружных электроприводов для подводных аппаратов с самыми различными функциями и назначением с применением современных отечественных материалов.

Цель работы: описание опыта ФГУП «РЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина» в области разработки погружных электроприводов. Обоснование выбора и исследование характеристик компаундов для пропитки и гидроизоляции узлов статора и ротора погружных электроприводов.

Материалы и методы: приведены результаты разработки электропривода для погружных аппаратов, дано краткое описание вакуумно-нагнетательной технологии пропитки обмоток статора синхронного электродвигателя компаундом ДИЭЛ- ПК-25А и вакуумно-нагнетательной технологии нанесения изолирующих покрытий на основе компаунда АДВ 69/50 и результаты испытаний электрических и адгезионных свойств эластомера компаунд АДВ-69/50 после выдержки в морской воде.

Результаты: в результате работы выбраны диэлектрические материалы и технологии их нанесения для применения в электроприводе погружных аппаратов. Проведены исследования выбранных материалов и получены следующие характеристики компаунда АДВ-69/5:

- водопоглощение после выдержки в соленой воде;
- динамика изменения диэлектрической постоянной;
- изменение тангенса угла диэлектрических потерь.

Выводы: результаты проведенных испытаний позволяют сделать вывод о применимости вакуумно-нагнетательной технологии пропитки обмоток статора синхронного электродвигателя и вакуумно-нагнетательной технологии нанесения изолирующих покрытий на основе компаунда АДВ 69/50 для гидроизоляции роторов и компаунда ДИЭЛ-ПК-25А для пропитки статоров погружных электроприводов.

Кучеренко В.А.¹

Дараган П.А.²

Соболев А.С.¹

¹ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»

²ФГБОУ ВО «Государственный морской университет им. адмирала Ф.Ф. Ушакова»

Использование ПИД-регулятора для восстановления изоляции обмоток электродвигателей систем электроснабжения на судне

Изоляция обмотки электродвигателя восстанавливается после промывки, в случаях сильного загрязнения обмоток машины маслом, топливом и т.д. или после попадания на обмотки морской воды, а также в случаях падения сопротивления изоляции обмоток машины ниже допустимых норм. На данный момент на судах нет бюджетных устройств, которые могли бы обеспечить восстановление изоляции обмотки. И они также имели бы возможность подключаться к информационно-измерительной системе судна для удаленного получения измеренных параметров.

Цель: использование ПИД-регулятора для восстановления изоляции обмоток электродвигателей систем электроснабжения на судах отечественных компаний.

В статье представлен способ решения такой проблемы, как восстановление изоляции обмоток электродвигателей систем электроснабжения на судне с использованием разработанного устройства – ПИД-регулятора. Рассмотрена выбранная элементная база, органы управления и датчик температуры для осуществления работы устройства, разработан алгоритм и исходный код для микроконтроллера Arduino UNO. Так же разработана система защиты от перегрева обмоток электродвигателей.

Выводы. Разработано устройство, которое не только удешевит и ускорит процесс восстановления изоляции обмоток электродвигателя, но и сможет полностью автоматизировать этот процесс. Использование такой системы позволит как можно скорее возобновить работу судовых электрических машин, это особенно важно для таких электродвигателей, используемых для перекачки топлива, пожарных насосов и других специальных промышленных устройств. Устройство имеет устройство вывода, на котором отображаются температурные параметры. Можно регулировать желаемую температуру с помощью датчика, а также имеет защиту, которая отключает внешний нагреватель, когда он достигает 50 градусов.



Рыбаченко А.А.

ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия
им. адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»

Изучение возникновения внешнего блок-эффекта в реакторе ИРТ-Т вследствие наличия неравномерного распределения ядер-отравителей в бериллиевом отражателе

Исследовательские реакторы используются для многочисленных исследований в различных областях науки и техники. Конструкция и материальный состав таких реакторов существенно отличаются от энергетических реакторов, что создает дополнительные эффекты влияющие на их реактивность.

Например, характерным для реакторов с бериллиевым отражателем реактивностным актором является его отравление изотопами He^3 и Li^6 с высоким сечением поглощения тепловых нейтронов. Блоки бериллия изготавливаются исходя из потребности организовать в них экспериментальные каналы с высокой плотностью потока тепловых нейтронов из-за чего их размеры в разы превосходят длины свободных пробегов нейтронов. Программы контроля и методики расчета реакторов работают с равномерными концентрациями ядер в объеме, однако для таких массивных объектов это ошибочное предположение, что приводит к ошибкам в оценке отравления реактора.

Проведена работа по изучению влияния неравномерного распределения концентрации ядер-отравителей в бериллии на реактивность реактора и возникающему вследствие этого внешнему блок-эффекту из-за переотравления граничного слоя отражателя.

Полученные данные подтверждают возникновение внешнего блок-эффекта в реакторе ИРТ-Т в результате распределения ядер-отравителей по слоям в отражателе, пропорционально потоку быстрых нейтронов. Разница в потерянной реактивности составляет более 4 запаздывающих долей нейтронов. Это крайне весомая величина, которая существенно повлияет на безопасность и экономичность установки.

В итоге величина отравления зависит не только от концентрации ядер-отравителей, но и от их распределения в объеме активной зоны, что дополняет эффект отравления, делая его двухкомпонентным.

**Демкина Т.Д.,
Пронин А.Н.,
Рязанов А.В.,
Курицин Д.Д.**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Гидродинамика теплоносителя в выходном участке топливной сборки реакторной установки типа РИТМ

В докладе приведены результаты экспериментальных исследований и сравнительного анализа гидродинамики теплоносителя в выходном участке топливной кассеты за головками разной конструкции. Исследуемая конструкция топливной кассеты предназначена для активной зоны реактора типа РИТМ атомной станции малой мощности наземного размещения. Цель работы заключается в исследовании распределения осевой скорости и расхода потока теплоносителя на выходе из твэльного пучка, за головками нескольких типов конструкции, перед трубой отбора теплоносителя и в отверстиях верхней опорной плиты, а также в определении областей пучка твэлов, из которых наиболее вероятно попадание потока теплоносителя в трубу отбора к термометру сопротивления.

Для достижения цели проведены эксперименты на исследовательском стенде с воздушной рабочей средой на модели выходного участка топливной кассеты, включающей фрагмент выходной части пучка твэлов с дистанционирующими решетками, макеты головок двух типов конструкции, а также макеты верхней опорной плиты и трубы отбора теплоносителя. При изучении течения теплоносителя в выходной части топливной кассеты использовались пневмометрический метод и метод впрыска контрастной примеси.

Измерения проводились по всему поперечному сечению модели. Гидродинамическая картина течения теплоносителя представлена картограммами распределения осевой скорости, расхода теплоносителя и контрастной примеси в поперечном сечении модели. Результаты исследований использованы при обосновании инженерных решений при проектировании новых активных зон реакторов РИТМ. Опытные данные, полученные в ходе экспериментов, собраны в базу данных и использованы при валидации импортозамещающей CFD программы ЛОГОС и одномерных теплогидравлических кодов, применяемых при обосновании теплотехнической надежности активных зон.

Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема № FSWE-2021-0008).

**Карпов И.А.,
Котов В.С.,
Резникова Р.К.,
Власов А.Н.**

ВМПИ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия
им. адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова

Исследование эффективности различных способов хранения трубных систем котлов

Язвенная коррозия парогенерирующих трубных систем может привести к значительным экономическим потерям, связанным с ремонтом и реабилитацией оборудования, снижением его сроков службы и нежелательными последствиями для экологии и безопасности эксплуатации судовых котлов. В связи с этим, остается актуальным вопрос о разработке и внедрения комплекса мер по предотвращению данного вида коррозии. Существующие методы «сухого» хранения (консервации) котлов, имеют ряд недостатков, обусловленных необходимостью полного удаления рабочей среды. В случаях неполного дренирования при постановке на «сухое» хранение возникает угроза развития стояночной кислородной коррозии, которой в большей мере подвержены горизонтальные участки труб. Нарушение герметичности котла при «сухом» хранении приводит к попаданию влажного воздуха, насыщенного кислородом, последующей конденсации паров воды на внутренних поверхностях труб и при наличии загрязнений способствует развитию подшламовой стояночной кислородной коррозии. Отсутствие действенных методов контроля и мониторинга состояния внутренних поверхностей котла во время «сухого» хранения затрудняет оперативное выявление и устранение возможных нарушений режима. Эти недостатки ограничивают применение режима «сухого» хранения при длительных простоях котла.

Омельяненко В.С.

ЗАО «Центральный научно-исследовательский институт
судового машиностроения»

Разработка обратноосмотической установки серии СМ

Замещение судового энергетического оборудования, связанное с уходом с российского рынка поставщиков опреснительных обратноосмотических установок, потребовало решения вопросов изготовления опреснительного

оборудования с разной производительностью исключительно из отечественных материалов и компонентов.

В докладе приведены технические и конструктивные решения для получения как питьевой, так и глубоко обессоленной воды с применением отечественного оборудования и материалов.

По результатам ОКР изготовлен опытный образец, проведены испытания с получением литеры «О₁». Результаты испытаний показали техническую и технологическую возможность серийного выпуска опреснительных установок с модельным рядом, способным закрыть внутренние потребности для кораблей и судов как строящихся в настоящее время на судостроительных верфях, так и проектируемых в конструкторских бюро.

Прибытов М.Д.

ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия
им. адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»

Синтез твердых растворов и циркониевого сырья в интересах создания системы каталитической очистки выхлопных газов

Загрязнение атмосферы оказывает сильное влияние на здоровье человека, в большей степени на болезни органов дыхания. В процессе сгорания топлива в двигателе с искровым зажиганием образуются три основных группы загрязняющих компонентов: оксиды азота, монооксид углерода и несгоревшие углеводороды. Для очистки выхлопных газов используются системы каталитической очистки, обеспечивающие одновременную конверсию загрязнений различных групп в безопасные вещества: воду, азот и углекислый газ.

Цель работы: синтез и исследование твердых растворов на основе оксидов церия и циркония для потенциально применения в качестве материалов, обладающих кислородной емкостью в составе катализаторов.

Изучено влияние гидротермальной обработки и обработки в ИПС на фазовый состав и характеристики поверхности твердого раствора $Zr_{0,5}Ce_{0,4}La_{0,05}Y_{0,05}O_x$. Гидротермальная обработка, обработка в изопропиловом спирте и их комбинация значительно влияют на характеристики поверхности и пористости образцов, так значения удельных поверхностей образцов после обжига при 1000 °С увеличиваются с 2,29, до 21,57, до 29,92 до 51,38 м²/г соответственно. Помимо этого, увеличивается суммарный объем пор. Также было выявлено, что способ синтеза влияет на состав ксерогелей, который был установлен комбинацией методов.

Была разработана технология синтеза твердых растворов $Zr_{0,5}Ce_{0,4}La_{0,05}Y_{0,05}O_x$. Полученные твердые растворы обладали высокой и термически стабильной удельной поверхностью, фазовой однородностью и стабильностью фазового состава. Технология применима для синтеза твердых растворов $Zr_{0,5}Ce_{0,4}La_{0,05}Y_{0,05}O_x$ для потенциального применения в составе корабельных катализаторов.

Образцы, синтезированные с обработкой в изопропиловом спирте по значениям удельной поверхности и пористости, не уступают материалу, промышленно используемому на ООО «Экоальянс».

Галиев И.Р.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет»

Закономерности изменения характеристик турбулентности в пристеночном слое камеры сгорания судового ДВС

Известно, что именно процессы в пристеночном слое камеры сгорания судового ДВС играют ключевую роль в образовании несгоревших углеводородов, погасании пламени и теплопередаче. Поэтому исследование характеристик турбулентности в пристеночном слое является актуальной задачей.

Цель работы: определение закономерностей изменения кинетической энергии турбулентности, скорости диссипации, масштаба Колмогорова и пульсационной скорости в пристеночном слое камеры сгорания судового ДВС с искровым зажиганием.

Материалы и методы. Математическая модель рабочего процесса судового ДВС была основана на трехмерных уравнениях нестационарного переноса и $k-\omega$ SST (Shear Stress Transport) модели турбулентности. Определение характеристик турбулентности осуществлялось с использованием CFD-моделирования в интервале углов положения коленчатого вала (УПКВ) от 0° до 540° .

Результаты и их обсуждение. В результате проведенного CFD-моделирования были получены локальные значения характеристик турбулентности в пристеночном слое и объеме камеры сгорания при изменении УПКВ. Толщина пристеночного слоя равнялась 2 мм при положении поршня в ВМТ. Выявлено заметное уменьшение кинетической энергии турбулентности (до $0,2 \text{ м}^2/\text{с}^2$) и пульсационной скорости потока (с $0,8$ до $0,36 \text{ м/с}$) при приближении к границе пристеночного слоя. Анализ полученных данных показал сохранение

закона изменения характеристик турбулентности в объеме камеры сгорания и в пристеночном слое при изменении УПКВ. Обнаружено, увеличение масштаба Колмогорова при переходе из объема камеры сгорания в пограничный слой в результате усиливается влияние турбулентности на процесс горения, что, в конечном итоге, способствует более быстрому погасанию пламени.

Выводы. Определены закономерности изменения кинетической энергии турбулентности, скорости диссипации, масштаба Колмогорова и пульсационной скорости в пристеночном слое камеры сгорания судового ДВС с искровым зажиганием. Результаты работы позволят повысить точность моделирования рабочего процесса судового ДВС.

**Манаков В.С.,
Павлов Д.С.,
Галиев И.Р.**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет»

Исследование средней пульсационной скорости турбулентности в цилиндре судового ПДВС

Характеристики турбулентности существенно влияют на смесеобразование, экономические и экологические параметры ПДВС. Поэтому их изучение является актуальной задачей. Средняя пульсационная скорость турбулентности представляет собой среднюю пульсационную скорость на единицу массы, связанную с вихрями в турбулентном потоке.

Цель работы: изучить влияние угла поворота коленчатого вала на пульсационную скорость турбулентности в различных зонах камеры сгорания (в центре; под клапанами; у стенок цилиндра).

Материалы и методы. В программном комплексе ANSYS FLUENT FLOW произведен CFD-расчет рабочего процесса ПДВС с использованием модели турбулентности k - ϵ RNG (ReNormalization Group). Выбор модели турбулентности обусловлен многочисленными опытами расчетов, что говорит о хорошей изученности свойств и границ данной модели. Угол поворота коленчатого вала (УПКВ) изменялся от 0 до 360°, частота вращения коленчатого вала принята 2000 мин⁻¹.

Результат и их обсуждение. В результате расчета получены изменения средней пульсационной скорости турбулентности (u') от УПКВ. На основе данных расчета построены диаграммы зависимости u' в различных зонах КС

от УПКВ. При открытии впускного клапана наблюдается резкое увеличение u' с 0,3 до 6,9 м/с (в области под выпускным клапаном). По мере движения поршня к нижней мертвой точке (НМТ) u' во всех исследуемых зонах КС уменьшается, в частности под выпускным клапаном $u' = 5$ м/с, а у стенок цилиндра $u' = 2,4$ м/с. При движении поршня от НМТ к ВМТ наблюдается уменьшение u' до 1,2 м/с.

Вывод. В результате выявлено, что зависимость u' в цилиндре судового ДВС от УПКВ имеет сложный нелинейный характер. При этом динамика изменения u' в различных зонах КС имеет схожий вид.

**Лягушин Д.М.,
Новожилов Д.О.,
Галиев И.Р.**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет»

Исследование скорости диссипации в цилиндре судового ПДВС

Характеристики турбулентности существенно влияют на смесеобразование, экономические и экологические параметры ПДВС. Поэтому их изучение является актуальной задачей. Скорость диссипации представляет собой среднюю скорость диссипации на единицу массы, связанную с вихрями в турбулентном потоке.

Цель работы: изучить влияние угла поворота коленчатого вала на скорость диссипации в различных зонах камеры сгорания (в центре; под клапанами; у стенок цилиндра).

Материалы и методы. В программном комплексе ANSYS FLUENT FLOW произведен CFD-расчет рабочего процесса ПДВС с использованием модели турбулентности k - ε RNG (ReNormalization Group). Выбор модели турбулентности обусловлен многочисленными опытами расчетов, что говорит о хорошей изученности свойств и границ данной модели. Угол поворота коленчатого вала (УПКВ) изменялся от 0 до 360°, частота вращения коленчатого вала принята 2000 мин⁻¹.

Результат и их обсуждение. В результате расчета получены изменения скорости диссипации (ε) от УПКВ. На основе данных расчета построены диаграммы зависимости ε в различных зонах КС от УПКВ. При открытии впускного клапана наблюдается резкое увеличение ε с 19 до 316612 м²/с³ (в области под выпускным клапаном). По мере движения поршня к нижней мертвой точке (НМТ) ε во всех исследуемых зонах КС уменьшается, в частности под

выпускным клапаном $\varepsilon=30500 \text{ м}^2/\text{с}^3$, а у стенок цилиндра $\varepsilon = 500 \text{ м}^2/\text{с}^3$. При движении поршня от НМТ к ВМТ наблюдается уменьшение ε до $496 \text{ м}^2/\text{с}^3$.

Вывод. В результате выявлено, что зависимость ε в цилиндре судового ДВС от УПКВ имеет сложный нелинейный характер. При этом динамика изменения ε в различных зонах КС имеет схожий вид.

**Павлов Д.С.,
Манаков В.С.,
Галиев И.Р.**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет»

Исследование кинетической энергии турбулентности в цилиндре судового ПДВС

Характеристики турбулентности существенно влияют на смесеобразование, экономические и экологические параметры ПДВС. Поэтому их изучение является актуальной задачей. Кинетическая энергия турбулентности представляет собой среднюю кинетическую энергию на единицу массы, связанную с вихрями в турбулентном потоке.

Цель работы: изучить влияние угла поворота коленчатого вала на кинетическую энергию турбулентности в различных зонах камеры сгорания (в центре; под клапанами; у стенок цилиндра).

Материалы и методы. В программном комплексе ANSYS FLUENT FLOW произведен CFD-расчет рабочего процесса ПДВС с использованием модели турбулентности k - ε RNG (ReNormalization Group). Выбор модели турбулентности обусловлен большим опытом расчетов, что говорит о хорошей изученности свойств и границ данной модели. Угол поворота коленчатого вала (УПКВ) изменялся от 0 до 360°, частота вращения коленчатого вала принята 2000 мин⁻¹.

Результат и их обсуждение. В результате расчета получены изменения кинетической энергии турбулентности (k) от УПКВ. На основе данных расчета построены графики, демонстрирующие законы изменения k в различных зонах камеры сгорания от УПКВ. При открытии впускного клапана наблюдается резкое увеличение k с 6 до $71,92 \text{ м}^2/\text{с}^2$ (в области под выпускным клапаном). По мере движения поршня к нижней мертвой точке (НМТ) k во всех исследуемых зонах КС уменьшается, в частности под выпускным клапаном $k = 40 \text{ м}^2/\text{с}^2$, а у стенок цилиндра $k = 16 \text{ м}^2/\text{с}^2$. При движении поршня от НМТ к ВМТ наблюдается уменьшение k до $1,57 \text{ м}^2/\text{с}^2$, что обусловлено замедлением скорости потока в цилиндре ДВС.

Вывод. В результате выявлено, что зависимость кинетической энергии турбулентности в цилиндре судового ДВС от УПКВ имеет сложный нелинейный характер. При этом динамика изменения кинетической энергии турбулентности в различных зонах камеры сгорания имеет схожий вид.

**Новожилов Д.О.,
Лягушин Д.М.,
Галиев И.Р.**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет»

Исследование интегрального масштаба турбулентности в цилиндре судового ДВС

Характеристики турбулентности существенно влияют на смесеобразование, экономические и экологические параметры ДВС. Поэтому их изучение является актуальной задачей. Интегральный масштаб характеризует размер вихрей.

Цель работы: исследование интегрального масштаба турбулентности в различных зонах камеры сгорания (в геометрическом центре; под клапанами; у стенок цилиндра) в зависимости от угла положения коленчатого вала.

Материалы и методы. В программном комплексе ANSYS FLUENT FLOW произведен CFD-расчет рабочего процесса ДВС с использованием модели турбулентности k - ϵ RNG (Renormalisation group). Выбор модели турбулентности обусловлен большим опытом расчетов, что говорит о хорошей изученности свойств и границ данной модели, также она позволяет использовать более грубые сетки и малые вычислительные ресурсы. Угол поворота коленчатого вала (УПКВ) изменялся от 0 до 300°. Частота вращения коленчатого вала равнялась 600 мин⁻¹.

Результат и их обсуждение. В результате расчета были получены численные изменения интегрального масштаба турбулентности (L_i) от УПКВ. На основе которых были построены графики, демонстрирующие законы изменения L_i от угла поворота коленчатого вала. При движении поршня к нижней мертвой точке (НМТ) L_i во всех рассматриваемых зонах камеры сгорания находится диапазоне от 2 до 6 мм. При движении поршня от НМТ к верхней мертвой точке (ВМТ) L_i увеличивается до 20 мм при 280° УПКВ в зоне под выпускным клапаном. Отметим, что дальнейшее движение поршня к ВМТ будет способствовать уменьшению L_i , так как уменьшается объем камеры сгорания и размер турбулентных вихрей.

Вывод. В результате изучено изменение интегрального масштаба турбулентности в цилиндре судового ДВС от УПКВ в разных зонах камеры сгорания (в геометрическом центре; под клапанами; у стенок цилиндра).

**Доронков Д.В.,
Добров А.А.,
Доронкова Д.С.,
Демкина Т.Д.**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Особенности формирования потока теплоносителя во входном участке топливной кассеты реактора типа РИТМ

Важной задачей развития Российской Федерации является освоение ресурсов Арктики, значительная концентрация которых обусловила строительство промышленных предприятий в Арктическом регионе. Для развития этого региона необходим энергоисточник, обладающий автономностью, надежностью и маневренностью. Уникальный научный, конструкторский и производственный опыт, накопленный в атомной отрасли при создании судовых реакторных установок (РУ) является основой развития приоритетного проекта Госкорпорации «Росатом» – атомных станций малой мощности (АСММ). На данный момент ведутся конструкторские работы по созданию АСММ с новейшей РУ РИТМ-200С, разработанной в АО «ОКБМ Африкантов». Проектом РУ предусматривается кассетная активная зона с топливом повышенной ураноемкости для увеличения энергоэффективности станции. Конструкция ТВС новой кассетной активной зоны базируется на опыте создания и эксплуатации топливных сборок РУ новых атомных ледоколов.

Конструктивные особенности ТВС кассетной активной зоны обусловили необходимость экспериментального определения влияния отдельных конструктивных элементов ее входного участка, а именно дроссельной шайбы, на структуру поля аксиальной скорости потока теплоносителя на входе в активную часть твэльного пучка. Особенности конструкции входного участка могут привести к изменению поля аксиальной скорости потока и, как следствие, к изменению условий работы элементной базы активной зоны, что в свою очередь может повлиять на ее теплотехническую надежность. В основе обоснования теплотехнической надежности лежит теплогидравлический

расчет, требующий уточнения отдельных важных гидродинамических характеристик потока, к которым относится поле аксиальной скорости потока теплоносителя. Таким образом, особенности конструкции кассетной активной зоны требуют проведения комплекса научно-исследовательских работ, в том числе экспериментального изучения поля аксиальной скорости потока во входном участке ТВС.

В настоящей работе представлены результаты экспериментального изучения особенностей формирования потока теплоносителя во входном участке ТВС кассетной активной зоны ректора типа РИТМ атомной станции малой мощности.

Целью работы является исследование влияния разных элементов конструкции входного участка на перераспределение аксиальной скорости потока теплоносителя. Для достижения цели проведена серия экспериментов на масштабной экспериментальной модели, включающей элементы конструкции входного участка от тарировочной шайбы до узла крепления твэлов к диффузору, а также пролет твэльного пучка между поглощающей решеткой и первой дистанционирующей решеткой.

Исследования проводились с использованием пневмометрического метода в нескольких характерных сечениях по длине модели. Расположение точек измерения охватывает все поперечное сечения модели. Особенности течения теплоносителя визуализированы картограммами аксиальной скорости потока рабочей среды, а также графиками аксиальной скорости по сечению пучка твэлов.

Результаты экспериментального моделирования использованы при оптимизации гидравлического профилирования элементов конструкции входного участка ТВС. Полученная база опытных данных может использоваться для валидации отечественной CFD-программы ЛОГОС, а также для уточнения методик теплогидравлического расчета активных зон в пояечном приближении.

Ветошкин Е.О.

АО «ПО «Севмаш»

Анализ оборудования, применяемого для выверки мобильных станков относительно основных баз судна

В докладе, при помощи метода сравнения измерительного оборудования, поднимается проблема современной судостроительной отрасли в части выверки мобильных станков относительно основных баз судна.

Целью анализа является повысить качество механической обработки фундаментов под высокоточное оборудование и поставить перед научными центрами страны задачи по разработке современных электронных средств измерений отечественного производства.

В докладе рассмотрены особенности существующих технологических методов выполнения выверки станочного оборудования и обработки фундаментов с помощью оптического квадранта и электронного уровня.

Для детального изучения проблемы в докладе рассматриваются варианты обработки специальных фундаментов за счет выполнения работ по измерению угла наклона или выравниванию оборудования относительно контрольной площадки при нахождении судна на плаву.

В настоящее время механизация и автоматизация технологических процессов, позволяющих упростить участие человека и повысить качество строительства надводного и подводного флотов, является актуальной задачей развития судостроения.

Дудкина К.А.

Фролова В.А.

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Актуальные проблемы реализации мер государственной поддержки стимулирования обновления рыбопромыслового флота

Реализация мер государственной поддержки обновления промыслового флота России является одним из элементов отношений по поводу построения

эффективной системы обеспечения продуктовой безопасности государства. Выявление рисков, возникающих в этой связи в смежных отраслях представляет собой актуальное направление исследований.

Цель работы заключается в выявлении потенциальных рисков в ходе реализации программ, а также определением путей их решения.

Материалы и методы: в качестве используемых материалов выступают нормативно-правовые акты, регламентирующие реализацию инвестиционной программы обновления рыболовного флота. Методом исследования выступает анализ нормативно-правовых актов, регламентирующих процессы обновления рыбопромыслового флота. Также в научной работе были использованы экспертные оценки и мнения представителей отрасли.

Результатами работы является выявление факторов, препятствующих успешной реализации мер государственной поддержки развития судостроения в части рыболовного флота и определение направлений снижения их влияния. Так, к факторам отнесено отсутствие современной, отвечающей требованиям заказчиков практики проектной деятельности, низкий уровень локализации производства оборудования для судов, что в конечном итоге затрагивает интересы заказчика, судостроительного предприятия и бюджетной системы Российской Федерации.

Выводы: реализация инвестиционной программы, направленной на стимулирование обновления рыбопромыслового флота и строительство отечественного краболовного флота, не представляется возможной без мер, направленных на обновление судостроительной промышленности в целом, среди которых докапитализация верфей, дающая возможность снизить долговую нагрузку на судостроительные предприятия, реализующие программу инвестквот.

Егоров К.В.

Кучеренко И.Ю.

Марушин Ф.Л.

АО «Невское ПКБ»

Оптимизация процесса разработки эскизных проектов по механической части

При эскизном проектировании последовательно прорабатывается множество вариантов технических решений. Выполнять проработку комплектации систем для каждого варианта проекта нецелесообразно ввиду сжатых сроков и значительной трудоемкости. В следствие в спецификации на судно указывается количество оборудования для систем без указания конкретных параметров. Отсутствие параметров не позволяет заводу-строителю или проектному бюро выполнить предварительный расчет стоимости закупки оборудования систем.

Цель: сокращение трудоемкости проработок систем энергетической установки и общесудовых систем на стадии эскизного проекта.

Материалы и методы: способом достижения поставленной цели выбрана разработка программы полуавтоматизированного расчета параметров оборудования общесудовых систем и систем энергетической установки. В качестве материальной базы для разработки программы были использованы отраслевые стандарты, справочники и правила Морского Регистра. Для тестирования программы был выполнен расчет параметров существующего судна и определены погрешности расчета.

Результаты: по результатам выполненной работы трудоемкость на эскизный проект с использованием программы удалось сократить в 3 раза. Программа проста в освоении и не требует углубленных знаний по проектированию систем. Программу планируется использовать при разработке эскизных проектов для ее дальнейшего улучшения и расширения границ использования.

**Змитровцов Г.В.,
Загребельный О.И.**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской
технический университет»

Замена силовой установки в условиях санкций на примере пассажирского теплохода пр.485С «Александр Шабалин»

В связи со сложившейся ситуацией в мире, эксплуатация и обслуживание данного теплохода попадает под угрозу из-за введенных санкций в сторону России так как на теплоходе установлен двигатель Японского производства «YANMAR».

Цель: замена двигателя «YANMAR» на отечественный или Китайский аналог двигателю, установленному заводом производителем.

Материалы и методы: в статье рассматриваются дизели «ДРА 300/1000», «Волгодизельмаш ДРРА26», «WEICHAI СЕРИИ WP7 модель WP7C300-22.5E12», «Yuchai YC6K YC6K365L-C20». Методом сравнения подбирается оптимальный вариант, подходящий под параметры двигателя, установленного заводом производителем «ЗД12А-1».

Результаты и их обсуждение: из предложенных мною дизелей самым подходящим оказался «Yuchai YC6K YC6K365L-C20». Его габариты наиболее приближены к заводскому двигателю, а характеристики во многом лучше.

Выводы: проблема эксплуатации и обслуживания двигателей недружественных стран весьма актуальна на сегодняшний день в связи с введенными в сторону России санкциями. Но мы в силах найти решение и заменить их на отечественные или Китайские аналоги, тем самым решив данную проблему.

Карышев И.В.

Карышева А.А.

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Механизмы выработки и принятия решений при формировании программ развития гражданского судостроения

Объект, актуальность и цель научной работы. Качество и реализуемость перспективных программ зависит от качества выработки и принятия решений по ключевым вопросам развития отрасли. К сожалению, в судостроении наблюдается ряд проблем в этой области. В научной статье (и докладе) рассматриваются возможности их преодоления. Объектом научной работы являются механизмы выработки и принятия решений при планировании развития судостроительной отрасли. Целью работы является оценка действующих механизмов и подготовка предложений по их совершенствованию.

Материалы и методы: основными материалами являются стратегические и программные документы развития гражданского судостроения и строительства гражданских судов: Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года, Перспективный план строительства гражданских судов на период до 2035 года, а также единственный отраслевой документ, регламентирующий порядок группового принятия решений – Приказ об организации в Минпромторге России работы по реализации проектов в сфере развития судостроения. Используются аналитические методы и даны предложения по использованию методов и принципов группового выбора при планировании и реализации программ развития судостроительной отрасли.

Основные результаты: методический аппарат формирования программ строительства гражданских судов и программ развития гражданского судостроения требует доработки в том числе с позиции взаимной увязки.

Действующие механизмы группового принятия решений не встроены в единую систему принятия решений и не имеют ресурсов для качественного рассмотрения ряда важных вопросов, таких как проблемы формирования ведомственных и федеральных проектов, стоимость предлагаемых работ и мероприятий, качество и количество предлагаемых результатов научно-технической деятельности.

Выводы: предлагается построение сквозной системы принятия решений по развитию судостроительной отрасли с применением современных механизмов принятия решений, основанных на рациональных допущениях. Применение указанных механизмов позволит повысить как эффективность, так и скорость принятия решений и снизить период адаптации к решениям со стороны исполнителей. Построение системы принятия решений предлагается осуществлять на базе смешанной экспертно-аналитической методики.

Костин М.Ю.¹

Ягудин А.Ф.²

¹ АО «Концерн «МПО-Гидроприбор»

² ООО «НПП «Элмет»

О выборе конфигурации и магнитных материалов для приемно-передающих антенн ближнепольной магнитной связи

Объектом исследования является магнитная система связи подводных аппаратов. Цель работы состоит в обосновании выбора конфигурации и материалов магнитных антенн, используемых для двухсторонней подводной связи. Обоснование производится путем оценки требуемых для излучения токов, напряжений, а также значений магнитной индукции и напряженности. Учитывая полученные значения, предложены варианты построения приемно-передающих магнитных антенн с использованием резонансного контура, что позволяет снизить энергетические затраты на излучение сигнала. Рассматривая выбранный резонансный контур с антенной в режиме приема, приводятся значения входного сигнала при разных дальностях связи. В результате делается вывод, что предложенная конфигурация и материал антенны, в совокупности с предложенным резонансным контуром, позволяют получить входной сигнал, достаточный для обеспечения надежной магнитной связи между подводными аппаратами.

Кузнецов Р.В.

ПАО «Звезда» / ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский Политехнический
Университет Петра Великого»

Некоторые проблемы унификации судовых редукторных передач

В работе представлены результаты исследования механических свойств, химического состава, фрактографического и металлографического анализа материалов опытных биметаллических подшипниковых узлов для корпусных конструкций судового машиностроения. Приведен сортамент материалов и типовая технология получения унифицированных биметаллических заготовок антифрикционного назначения. Проведен анализ вероятных причин частичного разрушения плакирующего слоя подшипников в процессе их стендовых испытаний в составе редукторного комплекса. Предложены мероприятия направленные на повышение ресурса и работоспособности высоконагруженных биметаллических подшипников применяемых в современных отечественных корабельных редукторных агрегатах.

Мосейко Е.С.

ОАО «ЦКБ «Айсберг»

Оценка рисков неисправностей судовых механических систем

Для совершенствования ТО необходимы методы прогнозирования надежности и диагностики на этапе проектирования судовых механических систем (далее СМС).

Цель: расчетными индексами измерить качества СМС и вероятностным образом связать ТО с надежностью. Придание большей практичности методов оценки рисков и предупреждения отказов СМС.

Методы и материалы: на основании ГОСТ 27.003-2016 определяются общие требования по надежности. Оценка безотказности рассматривается по методам ГОСТ Р 27.301-2011. Прогнозирование видов и последствий отказов по ГОСТ 51901.12-2007. Оценка качества СМС на ранних стадиях разработки, когда устранение неисправностей является экономически наиболее эффективным.

Результаты: процесс оценки риска и предупреждения отказов рассматривается в указанной последовательности:

1. Выбор предмета для анализа. Статистическая обработка данных имеющихся аналогов и согласно своему функциональному назначению.

2. Определение опасностей. На основе имеющейся информации, такой как ТО, ремонты и техническое освидетельствование определяется нарушения работоспособности элементов СМС.
3. Оценка вероятности и последствий. Определение пяти категорий вероятности возникновения и серьезность последствий отказов. Определение значение риска неисправностей.
4. Приемлемость риска. Определение четыре уровня риска с рекомендациями необходимых действий.
5. Варианты управления риском. Снижение риска до приемлемого уровня системой контроля, ТО, техническим освидетельствованием, ремонтом.
6. Заполнения матрицы рисков. Информация для реализации мер, снижающих риск до приемлемого уровня.

Рассмотренная модель может определить взаимосвязь между оценкой надежности на этапе проектирования СМС и диагностикой в процессе эксплуатации. Совместное применение методов оценки рисков и традиционных расчетов надежности позволяет выбрать наиболее безопасный режим эксплуатации СМС. Спрогнозировать возможные ранние признаки неисправностей, выбрать варианты диагностики и ТО.

Выводы: применение дополнительных методов оценки рисков неисправностей и развитие системы оценки предупреждения отказов. Применение мнений группы экспертов-специалистов, когда статистические данные недоступны и имеющихся доказательств недостаточно для принятия решения.

Халимендик Д.А.
Дубовенко И.В.

АО «ЦКБ «Коралл»

Концепция применения стационарного морского выносного однотоечного причала для отгрузки СПГ на арктическом шельфе Российской Федерации

Запасы природного газа на арктическом шельфе России, по некоторым оценками, достигает десятка триллионов кубометров. К 2035 году Россия намерена реализовать полтора десятка масштабных проектов по сжижению природного газа и увеличить его производство до 80–140 млн т в год, что позволит занять 20–40 % мирового рынка СПГ.

Развитие данной отрасли требует рассмотрения новых методов и технологий отгрузки СПГ.

Цель: анализ перспективных технологий и рассмотрение концепции применения стационарного морского выносного однотоечного причала для отгрузки СПГ в суровых климатических условиях арктических регионов Российской Федерации.

Материалы и методы: использован мировой и отечественный опыт проектирования отгрузочных комплексов СПГ. Собраны данные о применении морских однотоечных причалов и проанализированы технологии отгрузки СПГ.

Результаты и их обсуждение. Определены преимущества и недостатки консервативных методов отгрузки СПГ. Выполнено их сопоставление с однотоечными причалами для отгрузки СПГ. Выявлены основные технические проблемы, обозначены пути их разрешения. Представлены технические решения в части применения выносного однотоечного причала для отгрузки СПГ на арктическом шельфе РФ. Проанализирована возможность сжижения паров вскипания СПГ поступающих на выносной однотоечный причал от танкера.

Выводы: наличие перспективных современных технологий, высокая степень их проработанности, а также допустимые объемы образования паров вскипания СПГ, позволяют рассматривать выносные стационарные морские однотоечные причалы для отгрузки СПГ в качестве альтернативы консервативным решениям.

Суровые условия Арктики делают вышеописанные технологии особенно привлекательными и перспективными.

Цыбанов К.В.

Тучинский А.А.

АО «ЦКБ МТ «Рубин»

Определение оптимального срока службы объектов морской техники по критерию стоимости ходовых суток

В современных реалиях особо остро встает вопрос сокращения расходов на создание и эксплуатацию объектов морской техники (ОМТ). Таким образом, оценка и оптимизация расходов на создание и эксплуатацию является одним из направлений, позволяющим повысить эксплуатационные характеристики проектируемых ОМТ.

Цель работы: формирование методики определения оптимального срока службы объектов морской техники по критерию стоимости единицы времени использования по прямому назначению ОМТ (стоимость ходовых суток).

Методы работы: оценку расходов на создание и эксплуатацию ОМТ предлагается выполнять путем компьютерного моделирования возможных вариантов циклического функционирования ОМТ с помощью разработанного и введенного в промышленную эксплуатацию программного обеспечения (ПО) «Лента».

Результаты работы: ПО «Лента» позволяет моделировать различные варианты эксплуатационных циклов ОМТ и строить зависимости стоимости ходовых суток от назначенных сроков службы.

По описанной методике выполнены оценки оптимального срока службы ряда ОМТ, разрабатываемых АО «ЦКБ МТ «Рубин», и предложены оптимальные сроки службы.

Выводы: методика успешно прошла апробацию в АО «ЦКБ МТ «Рубин». Ввиду особенностей ОМТ с длительным сроком эксплуатации, таких как моральное старение техники, сложность поиска оборудования, которое потребуется заменить в заводской ремонт и других, в дальнейшем планируется выполнить дополнительные исследования в части выбора и назначения дополнительных критериев оптимального срока службы ОМТ и дополнить ими методику.

Ялов С.С.

АО «ЦКБ «Коралл»

Техническое обеспечение строительства объектов арктического шельфа

Освоение арктической шельфовой зоны в условиях санкционного давления и технической оснащенности судостроительных предприятий при строительстве объектов нефтегазовых сооружений.

Цель работы: определение необходимого технического обеспечения предприятий северного региона при строительстве крупногабаритных объектов нефтегазовых сооружений.

Материалы и методы: использована информация по технологии строительства и аренде технического флота при выполнении строительства существующих платформ арктического шельфа. Собраны материалы о судостроительных предприятиях северного региона Российской Федерации.

Результаты и их обсуждение: краткий очерк технологии и способов реализации объектов освоения арктического шельфа. Проанализированы основ-

ные этапы строительства реализованных объекты нефтегазовых сооружений и технические возможности судостроительных предприятий северного региона Российской Федерации. Обобщены характеристики применяемого технического флота. Рассмотрены проблемы технической подготовки судостроительных предприятий.

По результатам анализа апробированных технических решений определены требования к универсальному техническому обеспечению, позволяющие осуществлять строительство крупногабаритных объектов на судостроительных предприятиях северного региона.

Выводы: техническое обеспечение является опорным звеном при проектировании и строительстве крупногабаритных объектов освоения шельфа. Настоящее исследование позволило сформировать основной состав требуемого технического флота, его архитектурный облик и основные характеристики.

Предложенный вариант развития технического обеспечения северного региона позволяет исключить влияние санкционного давления и техническую зависимость при строительстве объектов нефтегазовых сооружений на территории Российской Федерации.

Подписано в печать 21.04.23. Формат 70×100/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 7. Тираж 100 экз.

Издание ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44
www.krylov-centre.ru



ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР