

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Всероссийская молодежная конференция «Научно-технологическое развитие судостроения – 2025»

Тезисы докладов



СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
И СПЕЦИАЛИСТОВ

Санкт-Петербург
2025

УДК 629.5:061.3
ББК 39.42
В 85

В 85 Всероссийская молодежная конференция «Научно-технологическое развитие судостроения – 2025» : тезисы докладов. – Санкт-Петербург : Крыловский государственный научный центр, 2025. – 76 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Андреев Павел Сергеевич, Сердечный Андрей Владиславич, Рохин Олег Викторович, Хайруллин Руслан Рафаильевич Параметризированная модель корпуса движительного модуля электрической винторулевой колонки с погружным поворотным электродвигателем.	9
Андрянов Михаил Павлович, Архипов Георгий Алексеевич Определение основных параметров главного парового котла главной энергетической установки перспективного СПГ-танкера отечественной постройки.	11
Афанасьева Серафима Юрьевна, Сердечный Андрей Владиславич, Рохин Олег Викторович, Хайруллин Руслан Рафаильевич Эволюция и перспективы движительно-рулевых комплексов.	13
Белов Алексей Михайлович, Живулько Сергей Анатольевич Опыт разработки и создания универсальной судовой энергоустановки на низкотемпературных топливных элементах.	14
Блинов Кирилл Дмитриевич Анализ составляющих ледового сопротивления с использованием теоретико-экспериментального подхода.	15
Буров Юрий Павлович Применение информационных технологий при создании динамической математической модели контейнерного судна.	16
Вахитов Виль Шамилевич Перспективы применения секционных распределителей в системах дистанционного управления арматурой на подводных лодках.	18

Ветчанин Павел Андреевич, Гончаренко Виталий Александрович, Плотников Роман Сергеевич, Иванов Борис Григорьевич	
Подходы к обеспечению продолжительного непрерывного нахождения неатомной подводной лодки в подводном положении.	19
Виссарионова Александра Сергеевна	
Разработка нейтронозащитных композитных материалов с обогащенными по ¹⁰ B соединениями бора.	20
Вовкивский Евгений Геннадьевич, Исаков Ниджат Шаддых-оглы, Глухов Павел Олегович	
Разработка и создание специального тренажера для подготовки пилотов глубоководного обитаемого подводного аппарата на основе технологий «цифрового двойника» и виртуальной реальности. ...	22
Воробьев Александр Николаевич, Усанов Василий Михайлович, Колчин Денис Валерьевич, Сурин Сергей Юрьевич	
Разработка оборудования и технологии автоматической сварки в среде защитных газов стыковых соединений цилиндрических конструкций в условиях стапельного производства АО «ПО «СЕВМАШ» 23	23
Гаврилов Максим Станиславович, Спиридонов Александр Анатольевич, Картышов Дмитрий Александрович	
Программный комплекс расчета переноса излучения LUCKY-2 для использования в проектах АСММ на базе судовых технологий.	25
Гавришева Анастасия Витальевна, Логинов Алексей Николаевич, Кот Павел Николаевич	
Особенности разработки и архитектуры модуля информационной системы по формированию и выпуску спецификаций МСЧ 26	26
Гвоздев Дмитрий Сергеевич	
Адаптивное устройство контроля и диагностики сопротивления изоляции обмоток систем магнитной компенсации поля корабля 28	28

Голев Алексей Владимирович, Зраев Роман Александрович Технический облик современного отечественного глубоководного водолазного снаряжения	29
Дервенеv Никита Владимирович, Мелихов Кирилл Владиславович, Маштаков Андрей Павлович Обзор применения обратного метода конечных элементов в судостроении	30
Динцер Александр Ильич Определение нелинейных сил второго порядка, возникающих при качке накрененного судна	31
Доржиева Бэлигма Станиславовна Моделирование переходных процессов в турбогенераторе	32
Дураков Дмитрий Николаевич, Лобынцев Владимир Васильевич Исследование режимов работы входных выпрямителей преобразователей частоты системы электродвижения атомных ледоколов проекта 22220	33
Желудков Никита Алексеевич Сравнение характеристик магнитных жидкостей, используемых в магнитно-жидкостном уплотнении погружного винтового динамометра	34
Зонов Вадим Викторович Учет технологических процессов при анализе напряженно-деформированного состояния конструкций из ПКМ	36
Изотов Николай Владимирович, Портнова Олеся Сергеевна, Плаксин Роман Александрович Особенности формирования собственных форм колебаний в многоопорных роторах	37
Костин Максим Юрьевич Модель взаимодействия магнитных антенн при передаче информации в водной среде	38
Кочкин Максим Дмитриевич Цифровой двойник-прототип для начального этапа проектирования судна	39

Кремлёв Георгий Ярославич

Имитационное моделирование процесса постройки кораблей и судов,
аспекты применения дискретно-событийного моделирования.
Перспективы и опыт внедрения 40

Крылов Григорий Михайлович,

Гончаренко Виталий Александрович,

Шабалин Алексей Сергеевич,

Иванов Борис Григорьевич

Возможность применения фотохромных покрытий
для маскировки безэкипажных катеров..... 42

Кузнецова Александра Дмитриевна,

Остроумова Полина Леонидовна

Сравнительные расчетные оценки подводного шума
ресурсодобывающих платформ 43

Лاپин Юрий Алексеевич,

Грибиниченко Матвей Валерьевич,

Чумаков Максим Сергеевич

Практика расчётов и измерений крутильных колебаний
в пропульсивных комплексах современных судов..... 44

Миненко Вадим Вячеславович

Влияние характеристик звукопоглощающих материалов
на эффективность глушителей воздушного шума..... 45

Мироненко Михаил Сергеевич

Цифровое сведение блоков: дистанционное
причерчивание припусков 46

Михайлина Ольга Алексеевна,

Смирнов Юрий Александрович,

Тихомиров Юрий Михайлович

Метод оценки ожидаемых уровней виброшумовых
характеристик судового оборудования 47

Михеева Анастасия Алексеевна,

Глазырина Диана Олеговна

Обеспечение коррозионной безопасности
судовых трубопроводов 48

Пашин Максим Олегович

Повышение эффективности сжигания углеводородов 50

Плотицын Сергей Денисович, Герман Галина Валентиновна, Попов Сергей Валентинович, Иванова Виктория Алексеевна	
Применение наилучших технологий и практик при разработке проектов систем технического обеспечения судов.....	51
Полякова Полина Алексеевна	
Определение структуры и параметров фильтрующего устройства в системе преобразования энергии с амплитудно-фазным регулированием	52
Пономаренко Елизавета Андреевна, Бурунова В. Ю., Демидов С. М.	
Обоснование оптимального облика каркасной конструкции для расположения двигательной установки	54
Попов Евгений Игоревич, Некрасов Владимир Александрович, Фомин Александр Владимирович	
К вопросу о снижении гидравлического сопротивления в трубопроводах энергетических систем.....	55
Раднаев Андрей Баирович	
Термоэлектромагнитные характеристики демпферных систем синхронных двигателей.....	56
Родионов Николай Юрьевич	
Анализ подходов по оценке пропульсивной мощности судов ледового плавания	57
Романюта Дмитрий Александрович	
Особенности расчетов прочности конструкций из полимерных некомпозиционных материалов	58
Ромашкина Екатерина Семеновна, Осипов Роман Денисович	
Численное моделирование условий возникновения пластических деформаций элементов спускового устройства.....	60
Салихов Дамир Фаильевич	
Способ расчета равновесных положений при подъеме затонувших объектов с помощью судоподъемных понтонов.....	61

Сахоненкова Анна Павловна

Антикоррозионные, необрастающие составы на основе технеция-99 62

Серебренников Владимир Александрович,

Логинов Алексей Николаевич

Внедрение agile-методологий в проектно-конструкторском бюро:

опыт АО «СПМБМ «Малахит» 63

Соловьев Владислав Олегович,

Ершова Ирина Валерьевна

Влияние построения уточнённой математической модели на измерения

радиационных характеристик крупногабаритного оборудования АПЛ 65

Тумашов Дмитрий Сергеевич,

Голиков Сергей Сергеевич

Арктические метеокомплексы мониторинга погоды и климата 66

Устинов Сергей Андреевич,

Савитченко Георгий Олегович

Использование автономной системы синхронного подъема для обеспечения

оптимизации производственных процессов строительства судов 68

Федоров Владимир Валерьевич

Применение модульно-агрегатного метода проектирования

и постройки гражданских судов 69

Хлаинг Мьо Тхет,

Галиев Ильдар Ринатович

Методы проектирования впускных каналов судовых

высокооборотных дизелей 70

Чапалюк Екатерина Дмитриевна,

Калугина Яна Александровна

Импортозамещение в судостроении:

экономическая оценка 71

Шлемин Дмитрий Анатольевич,

Кубряк Олег Витальевич,

Ковальчук Сергей Валерьевич

Математическая модель малоразмерной

надводной беспилотной платформы 72

Шутова Ирина Сергеевна

Проблемы и перспективы внедрения

цифровых технологий в композитном судостроении 74

Андреев Павел Сергеевич,
Сердечный Андрей Владиславич,
Рохин Олег Викторович,
Хайруллин Руслан Рафаильевич

АО «КОНАР»

Параметризированная модель корпуса движительного модуля электрической винторулевой колонки с погружным поворотным электродвигателем

Актуальной задачей отечественного судостроения является импортозамещение электрических винторулевых колонок (ЭВРК) ледокольного класса *Icebreaker 6–7* с погружным поворотным гребным электродвигателем (ППГЭД) типа *Azipod* мощностью 2–4 МВт для мелкосидящих ледоколов. ЭВРК данного типа состоит из модуля рулевого и модуля движительного. Особенностью таких ЭВРК является их компактность, требуемая для возможности их применения на судах с мелкой осадкой. Конструкция ЭВРК в части модуля движительного может уточняться при рассмотрении ходовых характеристик судна конкретного проекта, что означает, что корпус модуля движительного для ЭВРК одной мощности (с одинаковой гондолой) может быть изменен для конкретного проекта при унифицированном модуле рулевым. Соответственно для корпуса модуля движительного ЭВРК требуется выработать унифицированный подход к проектированию с минимальными затратами на разработку РКД и их изготовление.

Целью работы является разработка параметризированной модели корпуса модуля движительного для ЭВРК с ППГЭД типоряда мощностью 2–4 МВт с единым архитектурным типом, в котором могут уточняться модели составных частей корпуса без необходимости построения вновь моделей и разработки комплекта РКД «с нуля» для модификаций (исполнений) ЭВРК.

Объектом параметризации является корпус модуля движительного ЭВРК, спроектированный по принципу нисходящего моделирования, т.е. от общей компоновки изделия, которая определяется общими габаритами, составными частями и, к примеру, требованиями заказчика по расстоянию от КВЛ или ОП до оси гребного винта.

Корпус модуля движительного – это сложная литосварная конструкция, которая состоит из присоединительного фланца к опорно-поворотному устройству рулевого модуля ЭВРК, колонны – баллера ЭВРК и гондолы, в которую установлены ППГЭД, гребной вал, подшипники и гребной винт.

Для корпуса модуля движительного ЭВРК корректирующим звеном конструкции является колонна. Колонна выполнена по форме обтекаемого крыла, в поперечном сечении имеет плавные переходы как к фланцу, так и к гондоле. Соответственно колонна представляет собой конструкцию, которая должна по внешнему обводу иметь обтекаемый профиль, а ее конструкция в целом должна отвечать требованиям прочности, ввиду значительных ледовых нагрузок.

Корпус модуля движительного укрупненно разделен на:

- гондолу ЭВРК с ППГЭД, подшипниками, винтом гребным и его ступицей;
- колонну, которую определяют длина, высота (в зависимости от осадки судна) и ширина, принятая равной 55 % диаметра гондолы;
- фланец для соединения модуля движительного с опорно-поворотным устройством;

При одинаковых гондоле и фланце имеется уточнения конструкции колонны для разработки модификации ЭВРК под конкретный проект. Колонна проектируется путем построения сечений. Сечение колонны определяет одна кривая, описанная уравнением:

$$y = 5t(0,2969\sqrt{x} - 0,1260x - 0,3516x^2 + 0,2843x^3 - 0,1015x^4).$$

Для изменения высоты и толщины колонны достаточно внести изменение в коэффициенты уравнения. Так как все остальные конструкторские элементы колонны связаны с кривой, изменение конструкции колонны в целом происходит без дополнительных усилий. Внутренний набор колонны, состоящий из ребер и перегородок, связанный с поверхностью наружного обвода колонны, также может перестраиваться, а при необходимости увеличения жесткости конструкции, могут добавляться дополнительные ребра, обеспечивая заданные требования прочности конструкции. Таким образом, единая базовая модель используется для уточнения конструкции корпуса ЭВРК, а также позволяет минимизировать усилия при выпуске РКД.

Ключевые слова: винторулевая колонка, модуль движительный, нисходящее моделирование, параметризация.

**Андрянов Михаил Павлович,
Архипов Георгий Алексеевич**

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
ЦКБ «Балтсудопроект»

Определение основных параметров главного парового котла главной энергетической установки перспективного СПГ-танкера отечественной постройки

В настоящий момент Крыловский государственный научный центр ведет работы в области разработки проекта отечественного СПГ-танкера. Одной из наиболее сложных задач, которую предстоит решить специалистам КГНЦ, является выбор импортонезависимой главной энергетической установки высокой мощности. Одним из возможных вариантов может послужить котлотурбогенераторная установка, опыт проектирования и эксплуатации которых уже отработан на примере супертанкеров типа «Крым».

Одним из важнейших вопросов, с которым приходится сталкиваться проектантам при создании нового судна, является выбор типа энергетической установки и подбор соответствующего оборудования. В условиях санкционного давления, оказываемого на Российскую Федерацию в последние годы, сложность решения данного вопроса возросла на порядки, в особенности, когда речь идет о крупнотоннажных морских судах, в первую очередь, из-за отсутствия как таковых производителей отечественных малооборотных дизельных двигателей, а также среднеоборотных дизельных двигателей мощностью более 8 мегаватт. Принимая во внимание стремительно растущую потребность в увеличении объемов транспортировки углеводородного сырья, добываемого в Арктической зоне, и, как следствие, острую потребность в расширении отечественного танкерного флота, российские судостроители столкнулись со следующей дилеммой: сделать ставку на развитие практически с нуля (освоение производства малооборотных и среднеоборотных дизельных двигателей большой мощности), или же обратиться к наработкам позднего Советского Союза (дизельные двигатели модели Д500, газотурбогенераторные и котлотурбогенераторные энергетические установки).

Ярким примером данной тенденции стало развитие проекта отечественного СПГ-танкера, разрабатываемого в стенах Крыловского государственного научного центра. По своим основным характеристикам судно данного проекта очень схоже с СПГ-танкерами типоразмера *Yamalmax*, которые, в свою очередь, располагают главной энергетической установкой, состоящей из 4 дизель-генераторов *Wartsila 12V50DF* и двух дизель-генераторов *Wartsila 9L50DF* совокупной мощностью 61,9 мегаватт. Пропульсивный комплекс судна состоит из трех полноповоротных винто-рулевых колонок типа *Azipod* суммарной мощностью 45 мегаватт.

В рамках данной публикации автором рассматривается сценарий, в котором в качестве главной энергетической установки предпочтение было отдано варианту с котлотурбинными агрегатами, поэтому задачей является подбор главного парового котла, способного обеспечить паропроизводительность, необходимую для привода турбогенераторов совокупной мощностью не менее 60 мегаватт.

Если попытаться подобрать судно отечественной постройки с пропульсивным комплексом, который будет максимально приближен по своим параметрам к таковым у СПГ-танкеров типоразмера *Yamalmax*, то лучше всего подойдут универсальные атомные ледоколы проекта 22220 «Арктика». Электрическая мощность, вырабатываемая главными турбогенераторами – 72 мегаватта, мощность на винтах 60 мегаватт, паропроизводительность реакторной установки – 248 тонн в час.

Если в определении главного турбогенератора ещё прослеживается некоторая вариативность – либо развитие опыта ТС-3, эксплуатировавшейся на супертанкерах проекта 1511 «Крым», либо адаптация решений, применяемых на атомных ледоколах проекта 22220 «Арктика» в рамках установки ПТУ-72, то с выбором главного парового котла выбор, по большей части, отсутствует. Единственным реальным решением, которое может предложить отечественная промышленность, помимо установки ядерной паропроизводящей установки, является U-образный паровой котел шахтного типа КВГ80.

В качестве прототипа была принята энергетическая установка танкера проекта 1511 «Крым». В варианте для СПГ-танкера принята установка, состоящая из трех блоков котлотурбогенераторов со следующими параметрами:

- мощность около 20 мегаватт;
- отпуск пара 75 тонн в час;
- расход питательной воды 77 тонн в час;
- давление пара 7,9 мегапаскаль;
- температура пара 515 градусов Цельсия;
- удельный расход топлива 0,244 грамм на киловатт*час;
- суточный расход дизельного топлива 117 тонн;
- КПД генерации 34,5 %.

Ключевые слова: СПГ, энергетическая установка, судостроение, паровой котел.

**Афанасьева Серафима Юрьевна,
Сердечный Андрей Владиславич,
Рохин Олег Викторович,
Хайруллин Руслан Рафаильевич**

АО «КОНАР»

Эволюция и перспективы двигательно-рулевых комплексов

Двигательно-рулевой комплекс является одним из важнейших элементов современного судна, влияющим на его эксплуатационные и экономические показатели.

Цели России в рамках освоения океана и арктической зоны требуют анализа тенденций в применении двигательно-рулевых комплексов судов и их характеристик. В особенности это касается судов высоких ледовых классов и ледоколов.

Таким образом, выделены следующие цели работы:

- формулирование тенденций применения двигательно-рулевых комплексов на судах высоких ледовых классов;
- сравнение данных тенденций с общемировыми;
- обоснование тенденций развития двигательно-рулевых комплексов с точки зрения общих законов развития технических систем.

Для этого выполнен анализ статистики по двигательно-рулевым комплексам всех эксплуатирующихся в мире ледоколов, а также российских судов высокого ледового класса различного назначения: научно-исследовательских, спасательных, судов снабжения, буксиров, транспортных судов. Особое внимание уделено тенденциям развития двигательно-рулевых комплексов ледоколов: рассмотрена их эволюция с начала 20 в. по сегодняшний день.

Определено, что на сегодняшний день электрические винторулевые колонки являются наиболее перспективным типом двигателя для судоходства в тяжелых ледовых условиях. Выполнен обзор состояния производства электрических винторулевых колонок в России, определены как ближайшие, так и более отдаленные перспективы развития данной сферы. Предложена классификации мощности электрических винторулевых колонок в зависимости от их применения.

Обоснованы тенденции эволюции двигательно-рулевых комплексов от гребного винта с валопроводом до электрической винторулевой

колонки с кольцевым элеткродвигателем с точки зрения общих законов развития технических систем. Сделано предположение о концепции дальнейшего развития пропульсивных комплексов.

Ключевые слова: движительно-рулевой комплекс, винторулевая колонка, Северный морской путь, ледокол, судно ледового класса, развитие технических систем.

**Белов Алексей Михайлович,
Живулько Сергей Анатольевич**

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Опыт разработки и создания универсальной судовой энергоустановки на низкотемпературных топливных элементах

В настоящее время замена традиционных источников энергии, например, дизель-генераторов на гражданских судах и морских объектах энергоустановками на основе топливных элементов, позволит значительно повысить эффективность их использования за счет основных преимуществ – высокого КПД, отсутствия выбросов вредных веществ и парниковых газов, простоты в эксплуатации, автоматического управления, длительного периода между обслуживанием и высокой маневренности.

Целью работы являются разработка и создание универсальной судовой энергоустановки на низкотемпературных твердополимерных топливных элементах включая комплекты конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, а также внедрение новых нормативных требований, предъявляемых к судовым энергетическим установкам на топливных элементах, и последующее получение разрешительной документации надзорного органа (ФАУ «РКО») и получение литеры «О1».

В ходе разработки энергоустановки использовался многолетний опыт сотрудников научно-производственного комплекса водородной энергетики в части разработки документации водородных энергоустановок, помимо

этого использовался метод компьютерного моделирования для создания и подтверждения конструкции наиболее наукоемких элементов энергоустановки – батареи топливных элементов (БТЭ), а также биполярных холодильных камер. Работоспособность и надежность БТЭ была подтверждена на критических узлах и деталях сборочных единиц (на их фрагментах).

Разработана и создана универсальная судовая энергоустановка на низкотемпературных топливных элементах, Документация на энергоустановку рассмотрена и согласована Верхне-Волжским Филиалом Российского Классификационного Общества. Разработаны «Требования к энергетическим установкам на топливных элементах (ЭУТЭ)», которыми согласно приказу №84-п от 02.10.2023 ПКПС была дополнена часть XV с требованиями к судовым ЭУТЭ.

Разработанная и созданная энергоустановка может быть также внедрена в другие типы судов различных по назначениям и особенно востребованными в районах с повышенными требованиями к экологичности, а также в тяжелом автотранспорте – на автобусах и грузовиках.

Ключевые слова: топливные элементы, водород, судовая энергоустановка.

Блинов Кирилл Дмитриевич

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

Анализ составляющих ледового сопротивления с использованием теоретико- экспериментального подхода

Разработка точных методов пересчета полного сопротивления ледоколов с модельных экспериментов на натурные условия остается важной задачей при проектировании ледоколов и судов, эксплуатирующихся в Арктике. Основной проблемой оценки ледового сопротивления в опытовых бассейнах является нахождение модели ледяного покрова, удовлетворяющего критериям теории подобия. В связи с этим актуальным является поиск новых способов оценки параметров ледовой ходкости. Целью работы является определение распределения составляющих

сопротивления ледоколов при пересчете полного сопротивления с модельного эксперимента на натурное судно, используя полуэмпирическую модель сопротивления сплошного льда.

В исследовании приводится сравнение пересчета сопротивления движению ледокола с использованием классической теорией подобия и метода основанного на полуэмпирической модели сопротивления, основанной на энергетическом подходе к разрушению льда судном. В данном способе пересчета. В работе используются данные из серии экспериментальных исследований в ледовом опытовом бассейне с двумя моделями ледяного покрова. Приведено сравнение параметров силовых и энергетических характеристик модельного льда и их влияние на распределение составляющих полного ледового сопротивления при пересчете на натуру. В качестве критерия сопротивляемости ледяного покрова разрушению при его взаимодействии с корпусом судна в способ пересчета вводится работа разрушения ледяного покрова, величина которой определяется в каждом эксперименте. При пересчете на натуру используется разделение на работу разрушения форштевнем и бортами ледокола.

В результатах исследования показана возможность пересчета с модельного эксперимента на натуру с использованием полуэмпирической модели, основанной на энергетическом подходе. Получены кривые сопротивления при пересчете по каждой из моделей льда с разделением на составляющие.

Ключевые слова: ледокол, модельный эксперимент, сплошной лёд, ледовое сопротивление.

Буров Юрий Павлович

ФАУ «Российский морской регистр судоходства» Новороссийский филиал
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»

Применение информационных технологий при создании динамической математической модели контейнерного судна

В судостроении широко применяются программно-методические комплексы, предназначенные для решения самых разнообразных задач.

Таким образом, создание современных средств программного обеспечения является во многом залогом эффективного проектирования судна.

Целью исследования является создание с помощью программных средств метода оценки эффективности контейнерного судна в среднесрочной перспективе с помощью построения модели прогноза. Такие расчеты наиболее актуальны на самом раннем этапе проектирования судна и дают общее представление о планируемом к реализации проекте.

Настоящее исследование выполнено с помощью программно-методического комплекса «Архелон», имеющему свидетельство о государственной регистрации №2025611997 от 19.01.2025 г., а также успешно прошедшему апробацию в рамках работы с ПКБ Петробалт (рецензия-отзыв от 15.09.2023 г.).

Структура программы состоит из двух основных форм: «Математическая модель» и «Оптимизация». После ввода исходных данных со стороны пользователя программа обращается к алгоритму оптимизации (форма «Оптимизация»), который проводит расчет множества вариантов будущего судна. Новый вариант проекта при этом получается путем варьирования значений заранее определенных оптимизируемых переменных.

Форма «Математическая модель» предназначена для расчета математической модели судна, выбранной системой в качестве наиболее эффективной. Форма разделена на вкладки, каждая из которых отображает определённый раздел модели.

Вывод результатов расчетов осуществляется с помощью стандартного файла формата «.txt».

Результатами исследования являются компьютерные эксперименты, которые демонстрируют возможность применения программных средств на первоначальном этапе проектирования: определение адекватности и чувствительности математической модели, проведение прогнозных расчетов.

В рамках настоящего исследования с применением программного комплекса получена возможность среднесрочного прогноза характеристик контейнерного судна, доказана адекватность предложенного метода и определены перспективы развития исследуемого направления.

Ключевые слова: Программно-методический комплекс, проектирование, контейнерное судно, математическая модель, механизм прогнозирования, оптимизация, компьютерные эксперименты.

Вахитов Виль Шамилевич

АО «СПМБМ «Малахит»

Перспективы применения секционных распределителей в системах дистанционного управления арматурой на подводных лодках

В настоящее время на проектах подводных лодок самую большую группу исполнительных органов в системах главной энергетической установки составляют дистанционно-управляемые клапаны (более 120 штук), управление которыми осуществляется с помощью технических средств системы дистанционного управления арматурой.

Вопрос оптимального размещения оборудования в крайне насыщенных различными техническими средствами энергетических отсеках является актуальной и нетривиальной задачей при проектировании и эксплуатации подводных лодок.

Цель данной работы заключается в исследовании возможности применения секционных блоков распределителей в обеспечение оптимизации размещения оборудования за счет уменьшения габаритных характеристик блока, а также сокращения сроков сборки и проверки работоспособности системы вследствие упрощения конструкции.

В рамках работы проведен сравнительный анализ, применяемых в настоящее время распределителей с электромагнитным приводом и секционных распределителей, а также проведена оценка возможности применения секционных распределителей в обеспечение управления дистанционно-управляемыми клапанами.

Применение секционных распределителей в системе дистанционного управления арматурой позволит:

- упростить конструкцию блоков распределителей за счёт исключения сварной рамы, моноблочного исполнения распределителя, а также исключения сложной трубопроводной обвязки;
- уменьшить массогабаритные характеристики;
- повысить качество монтажа, так как блоки изготавливаются и испытываются по отработанной конструкторской и технологической документации под контролем ВП МО РФ на специализированном предприятии-изгото-

вителе, что в свою очередь приведет к сокращению сроков сборки и проверки работоспособности системы в условиях цеха.

Использование блоков секционных распределителей способствует к сокращению их количества в отсеках за счет значительно меньших габаритных характеристик, вследствие чего появляется возможность оптимизировать компоновку энергетических отсеков, что является одной из важнейших задач при подводном кораблестроении.

Ключевые слова: подводная лодка, блоки секционных распределителей, дистанционно-управляемые клапаны, снижение трудоемкости, оптимизация размещения.

**Ветчанин Павел Андреевич,
Гончаренко Виталий Александрович,
Плотников Роман Сергеевич,
Иванов Борис Григорьевич**

Военно-морской политехнический институт
ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»

Подходы к обеспечению продолжительного непрерывного нахождения неатомной подводной лодки в подводном положении

В работе приводится обоснование целесообразности применения на подводных лодках Военно-Морского Флота воздухонезависимых энергетических установок в качестве главных, а также дается описание концепции их технической организации.

Необходимость периодического всплытия в надводное положение для заряда аккумуляторных батарей (АБ) существенно демаскирует дизель-электрические подводные лодки по оптическому, акустическому, радиолокационному и тепловому полям, что требует размещения на них воздухонезависимых энергетических установок (ВНЭУ). Однако, тип и мощность размещаемой ВНЭУ существенно влияет на модель эксплуатации подводной

лодки, что в свою очередь требует особого подхода к их выбору. Целью работы является изложение актуальных критериев выбора составных частей корабельной ВНЭУ для достижения оптимальных параметров модели эксплуатации подводной лодки.

Анализ тенденций мирового кораблестроения показывает, что на зарубежных НАПЛ активно внедряются воздухонезависимые энергетические установки мощностью, в основном, ок. 300 кВт, обеспечивающие возможность непрерывного нахождения в подводном положении, т.е. подводную автономность, до 18 суток.

В этой связи, в случае создания перспективных отечественных НАПЛ, целесообразно рассматривать возможность разработки и размещения на них ВНЭУ с ЭХГ повышенной мощности (от 450 кВт) и системой риформинга дизельного топлива (выработка водорода из дизельного топлива), что позволит кораблю непрерывно находиться в подводном положении в течение более длительного периода, вплоть до полной автономности.

Ключевые слова: подводная автономность, аккумуляторная батарея, воздухонезависимая энергетическая установка.

Виссарионова Александра Сергеевна

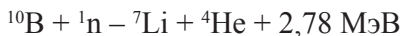
АО «Радиовый институт им. В.Г. Хлопина»

Разработка нейтронозащитных композитных материалов с обогащенными по ^{10}B соединениями бора

Актуальность работы обусловлена высокой динамикой развития судовой атомной энергетики и необходимостью создания эффективных систем комплексной защиты корабельных ЯЭУ (ядерно-энергетических установок), команды и персонала судов от воздействия нейтронного излучения.

Внедрение обогащенных по бор-10 соединений бора в защитные покрытия позволит создать материал обладающий свойствами нейтронной защиты, так как изотоп бора ^{10}B характеризуется высоким эффектив-

ным сечением захвата тепловых нейтронов, по реакции:



Целью работы являлась разработка и испытания композитных материалов (КМ) с природным содержанием бора-10 и моделирование нейтроннозащитных свойств материала с обогащенным бором (В-10). Была проведена серия экспериментов по подбору эластомерной матрицы (силикон, полиуретан, пластизол), и наполнителей в виде различных соединений бора (аморфный бор, карбид бора B_4C , оксид бора B_2O_3) и спомогательных материалов (TiH_2 , W, Sn и др). Изготовленные образцы КМ были подвергнуты физико-механическим, термическим и нейтроннозащитным испытаниям. Для вариантов КМ были разработаны способы изготовления эластомеров со степенью наполнения порошками поглотителями 71 % и 38 %.

Установлено, что образцы изготовленных КМ с добавкой порошка TiH_2 имеют кратность ослабления нейтронного потока выше, чем образцы в которых он отсутствует. Отмечено, что использование в составе порошков наполнителей аморфного бора и B_4C , как поглотителей нейтронов, увеличивает защитную эффективность КМ, особенно при введении TiH_2 .

Установлено, что силиконовая матрица обеспечивает наилучшую стойкость КМ при повышенных температурах. Разработанная комбинация матрицы и наполнителей, позволит решить проблемы комплексной защиты от ионизирующего излучения в том числе от быстрых нейтронов с каскадным ослаблением гамма-излучения.

Ключевые слова: композитные материалы, бор, гидрид титана, силикон.

**Вовкинский Евгений Геннадьевич,
Исаков Ниджат Шаддых-оглы,
Глухов Павел Олегович**

НИЦ «Курчатовский институт»

Разработка и создание специального тренажера для подготовки пилотов глубоководного обитаемого подводного аппарата на основе технологий «цифрового двойника» и виртуальной реальности

Высокая технологичность и конструктивные особенности, создаваемых глубоководных аппаратов, формируют требования к профессиональной подготовке операторов и обслуживающего персонала. У обучаемых должен быть сформирован не только объем теоретических знаний, но и естественные механизмы памяти, отвечающие за оперативность выполнения действий, умение справляться с нештатными и аварийными ситуациями в условиях ограниченного времени и высокого нервного напряжения.

Целью работы являлось разработка и создание специального тренажера для подготовки пилотов глубоководного обитаемого подводного аппарата на основе технологий «цифрового двойника» и виртуальной реальности.

Специальный тренажер создан в НИЦ «Курчатовский институт». Отработка навыков операторов ведется в полномасштабном имитаторе обитаемого объема со штатными или идентичными по функциональным и масса-габаритным характеристикам органами управления. Визуализация внешней обстановки реализована на многопроекторной системы с углом обзора более 270°.

Разработано кроссплатформенное программное обеспечение, объединяющее комплексную математическую модель, систему управления и штатное программное обеспечение аппарата. В режиме реального времени производится моделирование гидродинамики, гидравлики, систем жизнеобеспечения и технических средств, включая исполнительные

органы манипуляторного комплекса и их взаимодействие с подводными объектами, в том числе придонным рельефом. Подготовка обслуживающего персонала реализована в среде виртуальной реальности при отработке функциональных сценариев по обслуживанию узлов и систем аппарата.

Ключевые слова: тренажер, трехмерное моделирование, учебно-тренировочные средства, цифровой двойник, виртуальная реальность.

**Воробьев Александр Николаевич,
Усанов Василий Михайлович,
Колчин Денис Валерьевич,
Сурин Сергей Юрьевич**

АО «ПО «Севмаш»

Разработка оборудования и технологии автоматической сварки в среде защитных газов стыковых соединений цилиндрических конструкций в условиях стапельного производства АО «ПО «СЕВМАШ»

В настоящее время сварка монтажных стыков основного корпуса на стапеле производится низкоэффективным ручным дуговым способом. Внедрение автоматической сварки позволит ориентировочно в 3 раза снизить сроки и трудоемкость выполнения работ. Сложность автоматизации обусловлена необходимостью выполнения сварки в различных пространственных положениях и ограниченном пространстве. В связи с чем, к сварочному оборудованию предъявляются повышенные требования по габаритным размерам и массе. Соответственно возникает необходимость применения уникального оборудования.

В результате проведенного поиска полностью подходящих под требования производства автоматических сварочных систем найти не удалось.

Наиболее подходящей базой для разработки нового оборудования была выбрана универсальная модульная система «Восход» в комплекте с импульсным источником питания «СУДМОМИГ-400». Данная система представляет собой самоходную сварочную головку, устанавливаемую на направляющие ленты с отключаемыми магнитами.

Проведены испытания опытного образца сварочного автомата, выполнена наплавка валиков на пластины, сварка стыковых соединений в нижнем, вертикальном, потолочном и промежуточных пространственных положениях сварочными проволоками марок ПП-А22/9 и ЭП-647. С целью оценки возможности непрерывного выполнения сварки в различных пространственных положениях произведена сварка двух стыковых соединений, имитирующих $\frac{1}{4}$ часть монтажных стыков цилиндрических конструкций. Произведен контроль неразрушающими методами, а также механические испытания и металлографические исследования металла шва, зон термического влияния, определен фактический химический состав металла шва. По результатам контроля, испытаний и исследований получены положительные результаты.

Таким образом, разработанная технология может быть применима при сварке цилиндрических конструкций, таких как неповоротные монтажные стыки обечаек основного корпуса, пазовые и стыковые швы конических и полусферических секций, а также стыковые швы цилиндрических секций в тех случаях, когда применение других способов автоматической сварки затруднено или приводит к увеличению сроков изготовления продукции.

По полученным данным в ходе проведения работ сформированы предложения и замечания для совершенствования специализированного комплекса российского производства на модульной основе, который способен обеспечить выполнение сварки и резки сталей в условиях стапеля. За счет применения съемных модулей имеется возможность выполнять, как газорезательные, так и сварочные работы на одной направляющей. В перспективе, на базе данной модульной системы планируется также использовать рентгенографические детекторы для обеспечения автоматического контроля качества сварных соединений.

Ключевые слова: автоматическая сварка, сварка неповоротных стыков, импульсная сварка, цилиндрические конструкции, аустенитные сварочные материалы.

Гаврилов Максим Станиславович,
Спиридонов Александр Анатольевич,
Картышов Дмитрий Александрович

НИЦ «Курчатовский институт»

Программный комплекс расчета переноса излучения LUCKY-2 для использования в проектах АСММ на базе судовых технологий

Активно развивающееся направление разработки отечественных атомных станций малой мощности опираются на использование отработанных судовых реакторных технологий. Одной из особенностей судовой энергетики является возможность размещения двух реакторных установок в непосредственной близости. Проектируемая в НИЦ «Курчатовский институт» АСММ теплоснабжения использует решения судовой энергетики для РУ и термоэлектрический метод преобразования для генерации электроэнергии что позволяет создавать крайне компактные решения.

Однако для таких компактных станций необходимо учитывать взаимное влияние сразу нескольких источников ионизирующего излучения на обслуживающий персонал с минимизацией биологической защиты (использование теневой защиты).

Для обоснования радиационного воздействия на персонал в НИЦ «Курчатовский институт» была разработана многопроцессорная программа LUCKY, предназначенная для расчета переноса нейтронного и гамма-излучения в трехмерной геометрии, и используемая для расчетов биологической защиты судовых энергетических установок.

Целью проводимой работы является переработка исходного кода для адаптации под современные условия и судовые решения организации биологической защиты в рамках направления по обоснованию безопасности АСММ с термоэлектрическими материалами в составе.

Первым шагом для выполнения данной задачи стало проведение ревизии исходного кода и составление логической блок-схемы работы программы. Затем был проведен большой объем работ по переписыванию исходного кода программного комплекса с языка Fortran на Си. Подобная задача представляется затруднительной ввиду синтаксических различий

в работе массивов данных двух языков программирования, что потребовало проведение серий тестовых расчетов после переработки каждой функции программы.

В результате выполнения работ была произведена глубокая переработка исходного кода, доработаны модули программы для вывода геометрии модели в современные CAD программы, добавлена поддержка современного стандарта библиотек для параллельных вычислений (MPI).

Для верификации переработанного программного комплекса был произведен расчет референтной задачи новой и старой версией кода с использованием параллельных вычислений на 64-х процессорах. По результатам сравнения расчетов максимальное отклонение значения плотности потока нейтронов составила менее 0,01 %.

Ключевые слова: атомная станция малой мощности, судовые технологии, малая энергетика, программный комплекс.

**Гавришева Анастасия Витальевна,
Логинов Алексей Николаевич,
Кот Павел Николаевич**

АО «СПМБМ «Малахит»

Особенности разработки и архитектуры модуля информационной системы по формированию и выпуску спецификаций МСЧ

Развитие современных технологий открывает новые возможности для разработки программного обеспечения по выпуску конструкторской документации. Вместе с этим повышаются и требования к работе программного обеспечения (ПО). Также, в соответствии с государственной политикой импортозамещения возникает необходимость использовать отечественные технологии, там, где это возможно.

Цель доклада – рассмотреть ключевые аспекты проектирования и разработки модуля для формирования и выпуска спецификаций машиностроительной части (МСЧ). В докладе будут приведены основные

требования к модулю, особенности реализации проекта, а также полученные результаты.

В рамках разработки данного программного модуля стояли следующие задачи:

1. Изучение требований к новому модулю с учетом опыта эксплуатации функционирующего в Обществе ПО «МСЧ».
2. Разработка модуля МСЧ на новой платформе «Синергия».
3. Проектирование интерфейса под запросы пользователей.
4. Увеличение скорости и надежности при формировании конструкторской документации (КД) с возможностью гибкого расширения и масштабирования функционала.
5. Переход на отечественные технологические решения.

Новый модуль создан с целью расширения цифровой платформы «Синергия», что позволяет использовать его в рамках единой информационной среды, функционирующей в Обществе. Вместо устаревших *IBX*-компонентов применены компоненты *FireDAC*, которые обеспечивают высокую скорость получения и обработки данных. Американская система управления базами данных (СУБД) *Interbase* заменена на отечественную Ред База Данных, которая обладает высоким быстродействием, кроссплатформенностью, а также сертифицирована ФСТЭК России. При разработке интерфейса ПО учитывались пожелания конструкторского состава Общества – отображение состава КД в ПО реализован в максимально приближенном виде к его печатному представлению. Благодаря использованию современного технологического стека, а также за счёт оптимизации *SQL*-запросов и использования более продвинутой архитектуры, значительно повысилась производительность приложения.

Техническими результатами стали: повышение скорости формирования КД в среднем в 5 раз, более стабильная работа на новой архитектуре, увеличение скорости разработки КД за счет продвинутого интерфейса. Также было осуществлено импортозамещение посредством перехода на отечественную СУБД, что привело к снижению рисков эксплуатации и сопровождения системы.

Таким образом, разработка и внедрение модуля МСЧ в ПО «Синергия» является важным шагом на пути к формированию единой цифровой платформы по выпуску КД Общества.

Ключевые слова: разработка, интерфейс, база данных, машиностроительная часть, конструкторская документация, импортозамещение, технологический стек, архитектура приложения.

Гвоздев Дмитрий Сергеевич

АО «НПФ «Меридиан»

Адаптивное устройство контроля и диагностики сопротивления изоляции обмоток систем магнитной компенсации поля корабля

Сопротивление изоляции обмоток размагничивания играет ключевую роль в обеспечении безопасности военных кораблей. Нарушение изоляции приводит к утечкам тока, что не только угрожает поражением экипажа, но и снижает эффективность системы размагничивания, увеличивая собственное магнитное поле корабля, повышая риск обнаружения магнитными минами. Традиционные методы контроля этого параметра, такие как циклический опрос, не учитывают динамику изменения параметров, равномерно распределяя ресурсы между каналами.

Целью исследования видится разработка адаптивной системы контроля и диагностики сопротивления изоляции, изменяющую частоту опроса каналов для приоритетного мониторинга участков с признаками деградации.

Система реализована на базе алгоритма последовательно-параллельного анализа отклонений, включающего два этапа. На первом этапе параллельно измеряются текущие значения сопротивления изоляции для всех каналов. Полученные данные сравниваются с номинальными значениями, хранящимися в блоке эталонных параметров. На втором этапе последовательно определяется канал с максимальным отклонением с помощью компараторов на основе дифференциальных усилителей.

Разработанная блок-схема алгоритма обеспечивает четкую последовательность действий при анализе отклонений, включая параллельное измерение параметров и последовательное определение канала с максимальным отклонением. Структурная схема системы, объединяющая датчики сопротивления, блоки сравнения и генератор тактовых импульсов, позволяет оптимизировать взаимодействие компонентов. Такой подход направлен на сокращение времени обнаружения дефектов и повышение достоверности данных.

Предложенная система демонстрирует потенциал для повышения безопасности размагничивающих комплексов за счет раннего выявления

дефектов изоляции. Использование алгоритма адаптации и структурной схемы обеспечивает динамический контроль, снижающий аварийные риски и эксплуатационные затраты. Решение актуально для современных военных кораблей, требующих устойчивости к агрессивным условиям эксплуатации.

Ключевые слова: адаптивная диагностика, сопротивление изоляции, многоканальный мониторинг, безопасность кораблей, алгоритм адаптации, военно-морская техника.

**Голев Алексей Владимирович,
Зраев Роман Александрович**

Научно-исследовательский институт спасания
и подводных технологий ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»

Технический облик современного отечественного глубоководного водолазного снаряжения

Актуальность развития отечественной водолазной глубоководной техники и технологий проведения глубоководных водолазных спусков в Военно-Морском Флоте обусловлена практически полным отсутствием в стране технической базы, кадрового состава и современных методик проведения водолазных работ на глубинах более 60 метров. События последних лет и опыт участия России в Специальной военной операции обострил указанную проблему.

Целью работы является обоснование технического облика современного отечественного глубоководного водолазного снаряжения (далее – ГВС).

В рамках исследования выполнены оценка состояния и перспектив развития глубоководной водолазной техники, расчетно-аналитическим методом определен технический облик современного отечественного ГВС и степень влияния его конструкции на состав ГВК, уточнена модель проведения глубоководных водолазных спусков с его применением.

Выполнены исследования в лабораторных и морских условиях с проведением экспериментальных водолазных спусков на глубины до 110 м, по итогам которых подтверждены результаты, полученные численным экспериментом.

Доказана целесообразность создания современного отечественного ГВС, сформированный технический облик которого лег в основу тактико-технических требований Военно-Морского Флота. В 2025 году открыта инициативная работа по созданию ГВС.

Ключевые слова: глубоководное водолазное снаряжение, электронное управление поддержанием парциального давления кислорода.

Дервенов Никита Владимирович,
Мелихов Кирилл Владиславович,
Маштаков Андрей Павлович

АО «НПП «Радар ммс»

Обзор применения обратного метода конечных элементов в судостроении

Одним из перспективных направлений технологического обновления в мониторинге состояния судов является использование специальных систем наблюдения деформаций корпуса в реальном времени.

Проектирование и эксплуатация таких систем связаны с рядом сложных задач, требующих точного анализа большого объема данных, полученных с датчиков деформаций.

Применение обратного метода конечных элементов (ОМКЭ) с использованием датчиков деформации, установленных на корпусе судна, позволяет построить математическую модель, описывающую особенности восстановления нагрузок, напряжений и деформаций. Данные, полученные с помощью описываемой методики получаются в условиях реальной эксплуатации, модель проходит этап сравнения с прямым МКЭ.

Результатом является концепция цифровой тени судна, которая постоянно обновляется на основе данных с информационных датчиков.

С применением ОМКЭ можно построить модель корпуса судна, обеспечивающую точную фиксацию параметров напряженно-деформируемого состояния с высокой точностью.

Ключевые слова: судно, цифровой двойник, ОМКЭ, гидродинамические нагрузки, моделирование.

Динцер Александр Ильич

АО «Северное ПКБ»

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет»

Определение нелинейных сил второго порядка, возникающих при качке накрененного судна

Современные исследования, связанные с изучением нелинейных сил, возникающих при качке судна в двумерной постановке, ограничены изучением положения судна в состоянии равновесия. Между тем, существует ряд аварийных ситуаций, когда судно имеет начальный крен, что существенно усложняет определение действующих на него сил и решение дифференциальных уравнений качки. В связи с этим ясно, что учет асимметрии корпуса судна при определении нелинейных сил позволит разработать более точную математическую модель качки судна для решения практических задач мореходности и обеспечения безопасности мореплавания.

Целью данной работы является разработка и реализация метода расчета нелинейных сил второго порядка на основании двухмерной потенциальной теории в бесконечно-глубокой жидкости и на мелководье.

Для расчёта гидродинамических характеристик второго порядка судна применяются метод малого параметра и метод интегральных уравнений.

Приводятся описание метода и наиболее показательные результаты расчета как различных категорий, так и суммарных нелинейных сил. Выполнена апробация расчетов суммарных нелинейных сил в бесконечно-глубокой жидкости, так и на мелководье. Проведено исследование влияния изменения угла крена на суммарные нелинейные силы и моменты при постоянной величине относительной глубины h/T . Показано увеличение значений нелинейных сил при увеличении угла крена.

Полученные результаты демонстрируют корректность представленного метода и необходимость учета угла крена при расчете нелинейных сил.

Ключевые слова: угол крена, мелководье, метод малого параметра, двухмерная потенциальная теория, функция Грина, нелинейные силы.

Доржиева Бэлигма Станиславовна

АО «Силовые машины», завод «Электросила»

Моделирование переходных процессов в турбогенераторе

Исследование переходных процессов, возникающих в электрических машинах, является важной задачей электротехники.

Синхронные генераторы, включая турбогенераторы, являются главным элементом энергосистем.

Турбогенераторы, широко используемые в энергетических системах, в процессе эксплуатации подвержены возмущающим воздействиям, которые приводят к возникновению электромагнитных и электромеханических переходных процессов.

Длительность протекания переходных процессов мала – от долей до десятков секунд, однако при такой продолжительности переходные процессы характеризуются изменениями параметров машины и оказывают значительное влияние на ее конструктивные соотношения. При этом характер протекающего в турбогенераторе переходного процесса может в значительной степени определять поведение всей системы, к которой он подключен.

Целью данной работы является создание модели турбогенератора для исследования переходных процессов. Объект исследования – турбогенератор трехфазный, с частотой вращения ротора 3000 об/мин.

При переходных процессах возникают большие величины токов, которые приводят к дополнительному нагреву активных частей генератора, возникновению больших сил в отдельных частях генератора.

В данной работе проводилось моделирование турбогенератора в Matlab. Результатами моделирования являются основные характеристики турбогенератора в переходных процессах.

Ключевые слова: турбогенератор, переходные процессы, моделирование.

**Дураков Дмитрий Николаевич,
Лобынцев Владимир Васильевич**

НИЦ «Курчатовский институт»

Исследование режимов работы входных выпрямителей преобразователей частоты системы электродвижения атомных ледоколов проекта 22220

При проведении ходовых испытаний атомных ледоколов проекта 22220 отмечалась нестабильная работа преобразователей частоты системы электродвижения. В частности, ходовые испытания третьего серийного атомного ледокола проекта 22220 «Якутия», зав. № 05709 в период с 1 по 13 декабря 2024 года выявили неустойчивую длительную работу двухканальных преобразователей частоты (ПЧ) на номинальной мощности канала $5,5 \text{ МВ} \times \text{А}$. Каждый канал ПЧ питает одну из двух гальванически несвязанных обмоток одного из трёх совмещённых $2 \times 10 \text{ МВА}$ гребных электродвигателей.

Для определения величины и формы тока, протекающего через отдельно взятый диод 12-пульсового выпрямителя, входящего в состав ПЧ, использован программно-аппаратный комплекс разработки НИЦ «Курчатовский институт» – «Моделирование работы электротехнических систем и процессов». Моделированию подвергнута четвёртая часть гребного электродвигателя – самостоятельная обмотка одного статора, получающая питание от собственного канала соответствующего ПЧ, при условии, что регулирование оборотов ГЭД с изменением частоты напряжения на его клеммах от 0 до 12 Гц осуществляется при моменте, не превышающем номинальный, а при частоте напряжения от 12 до 16,5 Гц обеспечивается постоянство мощности. Модель инвертора напряжения в указанном программно-аппаратном комплексе реализована с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией.

Результаты выполненного моделирования показали, что на выходных частотах ПЧ от 2,4 до 12 Гц наблюдается явно выраженная модуляция тока в вентильях входных выпрямительных мостов, что свидетельствует

о низкочастотных качаниях мощности в ЭЭС судна. Потери на переключение (изменение состояния открыт/закрыт) в использованных диодах играют решающую роль. Их токонесущая способность, нормированная на температуру 100 °С поверхности теплоотдачи в зоне теплового контакта с радиатором при использовании в 12-пульсовой схеме выпрямления составляет всего 306 А, что соответствует длительно допустимой мощности преобразователя частоты 3,2 МВт.

Результаты анализа токонесущих характеристик диодов выпрямителей ПЧ и выполненного компьютерного моделирования показали, что длительная работа ПЧ на номинальной мощности с использованием текущей элементной базы невозможна. Предложен способ доработки входных 12-пульсовых выпрямителей ПЧ системы электродвижения атомных ледоколов проекта 22220, позволяющий повысить надёжность работы и обеспечить предупредительную сигнализацию о фактическом состоянии диодов.

Желудков Никита Алексеевич

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Сравнение характеристик магнитных жидкостей, используемых в магнитно-жидкостном уплотнении погружного винтового динамометра

Погружные винтовые динамометры применяются для испытания гребных винтов в «свободной воде» и за корпусом объекта, в экспериментальных бассейнах и кавитационных трубах. Эти исследования являются основными для прогнозирования ходкости морских объектов. Используемое на данный момент герметичное уплотнение в виде гидравлической манжеты в погружных винтовых динамометрах имеет ряд недостатков:

1. Высокий момент, вызванный силой трения, который меняется в процессе испытаний, что обязывает постоянно замерять начальные величины.

2. Требуемая замена после каждого эксперимента.
3. Перегрев при использовании на воздухе и как следствие невозможность провести тарировку в сборе с уплотнением. Этих проблем лишено магнитно-жидкостное уплотнение, в котором в качестве рабочего тела используется магнитная жидкость. Нужно определить возможность использования магнитных жидкостей различных марок представленных на рынке, для проведения гидродинамических испытаний гребных винтов. Для этого каждую магнитную жидкость важно исследовать на предмет:
 - 1) Моменты, вызванного силой трения при вращении вала динамометра, чтобы минимизировать систематическую погрешность, возникающую при проведении эксперимента.
 - 2) Максимального давления воды, которое выдерживает уплотнение, для обеспечения требуемого заглубления модели во время эксперимента или максимально возможного разряжения при испытаниях в кавитационных трубах.

Был разработан экспериментальный метод определения указанных параметров. В соответствии с предложенным методом был собран стенд для проведения экспериментов. Выполнен анализ шести образцов магнитных жидкостей, представленных на рынке. Проведено сравнение этих магнитных жидкостей с имеющейся в наличии и используемой в данный момент, а так же с гидравлической манжетой. Среди исследованных магнитных жидкостей была выбрана оптимальная для эксперимента в оптовом бассейне, дающая минимальный момент, вызванный силой трения, и обеспечивающая возможность заглубления динамометра на глубину, соответствующую всем требованиям эксперимента. Подобрана магнитная жидкость, наиболее подходящая для проведения испытаний в кавитационных трубах, способная выдерживать перепад давления, близкий к требуемому.

Ключевые слова: магнитная жидкость, винтовой динамометр, гидродинамический эксперимент, подводные испытания, ходкость, погружной динамометр, герметизация.

Зонов Вадим Викторович

АО «Балтийский завод»

Учет технологических процессов при анализе напряженно-деформированного состояния конструкций из ПКМ

В процессе эксплуатации судов проекта 22220 предложены методы оптимизации и улучшения судового крана. Для увеличения прочности конструкции, за счёт внедрения современных перспективных материалов.

Целью данной работы является исследовать улучшения конструкции судовых кранов.

Оценка напряженно-деформированного состояния выполнена с помощью современных численных процедур. Это позволило учесть больше факторов физического процесса деформирования, чем аналитические. В качестве численного метода был использован метод конечных элементов.

Основные результаты и выводы: Была получена, конечно-элементная, модель «рельса». На основе данной модели, выполнен расчет. Это позволило учесть технологические процессы, влияющие на пропитку конструкции «рельса» из ПКМ, а в следствие влияющие на НДС детали.

В результате серии расчетов были выявлены ситуации, при которых может происходить деформирование конструкций. Это становится причиной образования технологических дефектов при производстве конструкции. Для предотвращения повторного деформирования было принято решение проанализировать скорость пропитки материала, а также изменить сам подход в процессе производства. Проведенные расчёты новой модели подтвердили её эффективность, что позволило внести необходимые правки в чертеж. Обновлённая конструкция «рельса», учитывающая эти изменения, может быть применена на будущих заказах проекта 22220, или на других проектах, производимых на АО «Балтийский завод».

Ключевые слова: драпировка, пропитка, остаточные напряжения, технологические дефекты, конечно-элементная модель, неклассическая механика.

**Изотов Николай Владимирович,
Портнова Олеся Сергеевна,
Плаксин Роман Александрович**

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

Особенности формирования собственных форм колебаний в многоопорных роторах

В современной научной литературе основное внимание уделяется балансировке двухопорных роторов, тогда как многоопорные конструкции изучены недостаточно. Между тем, количество опор существенно влияет на собственные частоты и формы колебаний, что требует детального исследования для оптимизации проектирования и эксплуатации таких систем.

Целью исследования является изучение влияния количества и расположения опор на собственные частоты и формы колебаний многоопорных роторных систем.

Для достижения поставленной цели была разработана трехмерная модель гибкого ротора, позволяющая провести комплексный анализ взаимосвязи между конструктивными параметрами и динамическим поведением системы. Моделирование осуществлялось с использованием вычислительной среды *Fidesys*, что обеспечило высокую точность результатов.

В ходе исследования установлено следующее: при смещении дисков относительно опор обнаружено явление ограничения подвижности, приводящее к появлению дополнительных модальных форм при совпадении собственных частот различных частей ротора.

В несимметричных системах выявлен специфический характер формирования собственных форм:

1. Возможность как последовательного, так и параллельного формирования форм.
2. Вероятность возникновения нескольких форм в одной части ротора до появления первой формы в другой.

При исследовании четырехопорного ротора обнаружено: особенности формирования третьей и шестой форм, обусловленные фиксацией поворотного движения в центральной части; снижение частот некоторых форм из-за влияния центральной части ротора.

Полученные результаты существенно расширяют понимание модальных характеристик многоопорных роторных систем и могут быть эффективно использованы при проектировании и балансировке подобных конструкций, что способствует повышению их надежности и эффективности эксплуатации.

Ключевые слова: многоопорные роторы, собственные частоты и формы колебаний, динамическое поведение роторных систем.

Костин Максим Юрьевич

АО «Концерн «МПО-Гидроприбор»

Модель взаимодействия магнитных антенн при передаче информации в водной среде

На сегодняшний день актуальной является задача обеспечения ввода данных в приборы управления подводного аппарата, а также задача обеспечения обмена данными между подводным аппаратом и подводной станцией. Об этом свидетельствует наличие ряда патентов, в которых робототехнические комплексы имеют в своём составе устройство или систему неконтактной передачи информации.

Для решения указанных задач предлагается использование магнитной связи. Так как передача информации может производиться как после приводнения аппарата на станцию, так и при нахождении аппарата на некотором расстоянии от неё, при проектировании систем магнитной связи необходимо использовать математические модели для теоретической оценки возможности и качества передачи сигнала.

Целью данной работы является создание математической модели взаимодействия двух магнитных антенн в водной среде. Работа модели основана на математическом аппарате из таких дисциплин, как электротехника, теория цепей и сигналов, теория цифровой связи и океанология.

В работе модели учитываются: параметры сигнала (тип модуляции, рабочая частота, длительность бита), параметры антенны (амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики), взаимное расположение антенн (расстояние между осями антенн при их согласном

и несогласном расположении, наличие углов между осями в двух плоскостях), параметры среды (амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики с учётом электропроводности воды). На основе полученной модели возможно определять амплитуду и форму сигнала на приёмной антенне, что позволяет выбирать оптимальные параметры проектируемой системы магнитной связи.

Ключевые слова: магнитная связь, магнитная антенна, математическая модель, подводный аппарат.

Кочкин Максим Дмитриевич

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

Цифровой двойник-прототип для начального этапа проектирования судна

Актуальность работы обусловлена необходимостью решения сложных задач российского судостроения в экстремальных условиях Арктики. Несмотря на доказанную эффективность цифровых двойников (ЦД) в других отраслях и наличие обширной публикационной базы и нормативных документов, их применение на начальном этапе проектирования судов остаётся недостаточно изученным.

Целью работы является разработка концепции цифрового двойника-прототипа для начального этапа проектирования судна.

В качестве исходных данных использованы нормативные документы, научные публикации по ЦД и синтетические данные. Применен системный анализ литературы и стандартов, модульное проектирование с декомпозицией системы. Интеграция искусственного интеллекта в состав модулей ЦД. Использование генеративно-состязательных сетей.

Разработана концепция ЦД-прототипа для проектирования судов на начальной стадии. Ее ключевой особенностью является модульная архитектура, обеспечивающая декомпозицию сложной системы на функциональные модули. Обоснован принцип формирования модулей ЦД-прототипа, основанный на соответствии требованиям «Правил классификации и постройки морских судов», что гарантирует

соответствие нормативным требованиям к судам. В структуру модулей ЦД введен искусственный интеллект (ИИ). Подтверждено, что их интеграция создает мощный синергетический эффект, трансформируя ЦД в интеллектуальную динамическую систему.

Выявлены две ключевые проблемы при создании ЦД-прототипа: отсутствие релевантных (исторических) данных для обучения моделей машинного моделирования и отсутствие сигналов от реальных датчиков физического объекта. Проблемы решены использованием синтетических данных, генерируемых генеративно-состязательными сетями и симуляцией сигналов с датчиков.

Таким образом, создание ЦД-прототипа судна позволяет уже на начальном этапе проектирования провести валидацию решений, что существенно снижает риск конструктивных ошибок и даёт возможность своевременно скорректировать проект.

Для подтверждения концепции реализуется пилотный проект на примере модуля гребного винта паромов для переправы Ванино–Холмск.

Ключевые слова: ЦД-прототип, судно, модульная архитектура, ИИ.

Кремлёв Георгий Ярославич

ПАО СЗ «Северная верфь»

Имитационное моделирование процесса постройки кораблей и судов, аспекты применения дискретно-событийного моделирования. Перспективы и опыт внедрения

Согласно аналитике компании РПГ 1025 общее количество планируемых к постройке судов гражданского назначения до 2035 года составит 1025, не переходящее значение северного морского пути, фундаментальные планируемые перестройки ПАО СЗ «Северная верфь». Всё это прямо и косвенно подтверждает высокую значимость отрасли и значительный спрос на корабли и суда. При этом отрасль судостроения одновременно

сплавил в себе и высоко технологичное, масштабное изделие, в условиях значительной насыщенности, и эксплуатацию в условиях границы сред. Всё это составляет особенности судостроения, и определяет особый интерес для автоматизации и отехнолаживания, одной из самых сложных и массовых, при этом разнообразных отраслей.

Целью является развитие судостроительной отрасли, путем выполнения следующих задач: показать опыт внедрения и перспективы цифровой трансформации предприятия, подходы для различных задач, привлечь внимание, и распространить лучшие практики достигнутые.

В 2024 года прошла на территории ПАО СЗ «Северная верфь» стратегическая сессия, на которой различные группы предлагали решения по перспективным направлениям разработанных АО «ОСК». По результатам защиты решение по применению методов имитационного моделирования было высоко оценено, инженерно-технологическая ветка принял, а меры по разработке и применению методов к текущим задачам производства.

В качестве материалов исследования были использованы в первую очередь аналитические построения и опыт их внедрения, а также публикации затрагивающие перспективы развития судостроительной отрасли. На первом этапе поиск осуществлялся в области аналитических построений по результатам построений, состоялся доклад и проведены дискуссий в подразделениях отдела главного технолога 416 ПАО СЗ «Северная верфь», по результатам дискуссии были выявлены основные направления, ключевые этапы их реализации, универсальные подходы к внедрению, и три уровня внедрения технологии. Порядок реализации был связан с вызовами производства в текущий момент. На каждом этапе внедрения были проведены как аналитические обоснования целесообразности экономические оценки, так и сопоставление с фактом. Проведены ряд экономических расчётов для определения перспектив и значимости внедрения ИМ.

В качестве методов исследования были использованы такие теоретические методы как анализ, синтез, индукция, дедукция, контент-анализ, сопоставительный анализ и моделирование.

Результаты:

1. Проведено аналитическое моделирование ключевых процессов постройки.
2. В системе моделирования Anylogic представлены некоторые узловые модели, наложены тех процессы и проведено сравнение с фактическим выполнением.
3. На основе данных получены выводы.
4. Проанализированы перспективы внедрения.
5. Определены границы применимости применяемых методов.

Выводы:

1. Построение BIM наоборот оказалось быстрее чем прямое построение BIM.
2. Имитационное моделирование охватывает комплексно задачи непосредственно судостроения и позволяет проектировать процессы модернизации.
3. Перспективы полного развёртывания методов имитационного моделирования, значительны.
4. Реализованный метод внедрения имитационного моделирования выходит на само окупаемость быстрее 4 месяцев.
5. Имитационное моделирование показало высокую устойчивость к внешним воздействиям и гибкость.
6. ИМ заслуживает скорейшего распространения в отрасли.

Ключевые слова: цифровизация, судостроение, АСУ, автоматизированная система управления, имитационное моделирование, RTMS, BIM, дискретно-событийное моделирование.

**Крылов Григорий Михайлович,
Гончаренко Виталий Александрович,
Шабалин Алексей Сергеевич,
Иванов Борис Григорьевич**

Военно-морской политехнический институт ВУНЦ
ВМФ «Военно-морская академия»

Возможность применения фотохромных покрытий для маскировки безэкипажных катеров

В докладе приводится обоснование возможности применения фотохромных покрытий на безэкипажных катерах Военно-Морского Флота для маскировки.

Применение фотохромного материала при создании безэкипажных катеров (БЭК) позволит существенно расширить круг решаемых ими задач, оставаясь незамеченными противником, что является актуальной

задачей для ВМФ. Фотохромные материалы подстраиваются под окружающую среду, делая катер менее заметным для оптических систем наблюдения.

Таким образом, сформулирована цель: как оценить возможность применения фотохромных материалов при создании БЭК.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

1. Проведен анализ принципов работы фотохромных материалов.
2. Оценены преимущества для маскировки при создании БЭК.

В качестве результатов работы предложены технические решения при использовании материалов для БЭК, а также его облик.

В качестве выводов следует отметить, что безэкипажные катера из фотохромного материала пока остаются инновационной разработкой, но современные технологии позволяют интегрировать фотохромные элементы в их конструкцию для повышения маскировки.

Такие БЭК способны более эффективно выполнять разведку или наносить удары, оставаясь незамеченными.

Ключевые слова: фотохромное покрытие, УФ излучение, безэкипажный катер.

**Кузнецова Александра Дмитриевна,
Остроумова Полина Леонидовна**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

Сравнительные расчетные оценки подводного шума ресурсодобывающих платформ

Из-за активного развития промышленной деятельности человека значения фонового шума в океане с каждым годом увеличиваются, соответственно отрицательное воздействие от техногенного подводного шума (ПШ) на морскую биоту растет. Одними из таких источников являются ресурсодобывающие платформы и их инфраструктура. Следует отметить, что в России требований по оценке излучения подводного шума и утверждённых методик расчета ПШ от таких объектов нет.

Оценена применимость методов акустического расчета от объектов морской техники к расчету ПШ стационарных платформ различного типа.

Наиболее подходящим является энерго-статистический метод (ЭСМ) с дополнением звукоизлучения отдельных элементов подводной части платформ.

Выполнен анализ оборудования и конструкций платформ, и выделены их основные источники шума и вибрации.

Разработаны виброакустические модели морских гравитационных платформ на «ножках» и кессонного типов, а также полупогружной буровой установки (ППБУ) на основе ЭСМ.

Проведена верификация предлагаемого подхода на примере платформы «Беркут», для которой рассчитанные уровни подводного шума сравниваются с экспериментальными данными измерений.

Ключевые слова: техногенный подводный шум, ресурсодобывающие платформы, трассы судов, энерго-статистический метод, виброакустическая модель.

Лапин Юрий Алексеевич,
Грибиниченко Матвей Валерьевич,
Чумаков Максим Сергеевич

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

Практика расчётов и измерений крутильных колебаний в пропульсивных комплексах современных судов

Современные судовые пропульсивные комплексы оснащены мощными двигателями внутреннего сгорания иностранной разработки и постройки. В условиях санкций получить данные о параметрах двигателя практически невозможно. Повышение точности расчёта крутильных колебаний пропульсивных комплексов с такими двигателями является актуальной задачей.

Целью исследования является повышение точности расчётов крутильных колебаний современных пропульсивных комплексов за счёт уточнения режимных параметров двигателей – возмущающих моментов, демпфирования, механических потерь.

Применялись следующие методы исследования: измерение (натурные испытания на реальных судовых установках), анализ, синтез, аналогия, моделирование.

В ходе исследования получены следующие результаты:

1. Получены обобщённые данные о возмущающих моментах современных судовых ДВС.
2. Получены обобщённые данные о демпфировании в современных судовых ДВС.
3. Получены обобщённые данные о коэффициентах динамического усиления для различных форм колебаний современных пропульсивных комплексов.
4. Получены данные о скорости развития крутильных колебаний при быстром и медленном проходе резонансных частот вращения двигателя.

Полученные результаты позволяют с достаточной точностью выполнять расчёты и измерения крутильных колебаний современных судовых пропульсивных комплексов при недостатке данных о режимных параметрах двигателя.

Ключевые слова: крутильные колебания, торсиографирование, судовые ДВС, судовые валопроводы.

Миненко Вадим Вячеславович

АО «ПО «Севмаш»

Влияние характеристик звукопоглощающих материалов на эффективность глушителей воздушного шума

Снижение уровня шума в судовых системах вентиляции и кондиционирования воздуха (СВКВ) является важной задачей для обеспечения комфорта и безопасности экипажа. Эффективность диссипативных глушителей воздушного шума (ГВШ) напрямую зависит от характеристик используемых звукопоглощающих материалов (ЗПМ), таких как структура, плотность и толщина.

Целью работы является исследование влияния акустических характеристик ЗПМ на эффективность ГВШ в судовых СВКВ и определение оптимальных параметров материалов для максимального снижения

шума. Для исследования использовались образцы ЗПМ: ППУ-75 (плотность 20 и 40 кг/м³) и ППУ-ТС-35. Коэффициент звукопоглощения (КЗП) измерялся по стандарту *ISO 10534-1*. Акустическое сопротивление ГВШ определялось как разность уровней звукового давления с и без глушителя в октавных полосах частот от 31,5 до 8000 Гц. Наилучшие звукопоглощающие свойства показали: ППУ-ТС-35 в диапазоне 45–180 Гц; ППУ-75 (пл. 40 кг/м³) в диапазоне 180–710 Гц; ППУ-75 (пл. 20 кг/м³) в диапазоне 355–4000 Гц. Эффективность ГВШ также зависит от технологии укладки ЗПМ. Многослойная намотка тонким материалом (5 мм) повысила акустическое сопротивление на 3–9 дБ в полосах 250–4000 Гц по сравнению с традиционной укладкой.

Результаты исследований показали, что эффективность звукопоглощающего материала в составе ГВШ зависит не только от свойств этого материала, но и в значительной мере от технологии его укладки между перфорированной трубой и кожухом ГВШ. Многослойная намотка тонким материалом для заполнения пространства между перфорированной трубой и кожухом ГВШ позволила значительно повысить звукопоглощающую эффективность глушителя в октавных полосах частот со средними частотами от 250 Гц до 4 кГц, что дает основание рекомендовать эту технологию к применению при изготовлении ГВШ.

Ключевые слова: глушители воздушного шума, звукопоглощающие материалы, акустическое сопротивление, судовые системы вентиляции, коэффициент звукопоглощения.

Мироненко Михаил Сергеевич

АО «Средне-Невский судостроительный завод»

Цифровое сведение блоков: дистанционное причерчивание припусков

Современное судостроение требует внедрения высокоточных методов контроля геометрии секций. Традиционные технологии причерчивания и подгонки остаются трудоемкими и подвержены человеческим ошибкам.

Целью работы является разработка методики дистанционного причерчивания на основе цифрового моделирования для оптимизации процессов сведения судовых блоков.

Исследование проводилось с использованием:

- тахеометр *Leica TS60* (точность ± 1 мм);
- *Spatial Analyzer*;
- CAD-моделей корпусных конструкций.

Внедрение технологии позволило:

1. Сократить время монтажа на 30 %.
2. Уменьшить количество подгоночных операций в 2 раза.
3. Повысить точность стыковки до $\pm 1,5$ мм.

Дистанционное причерчивание доказало свою эффективность как перспективная альтернатива традиционным методам. Технология особенно востребована для оперативной коррекции геометрических отклонений, интеграции в системы цифрового производства и строительства сложносоставных корпусов.

Ключевые слова: судостроение, цифровое моделирование, лазерное сканирование, размерный контроль, дистанционное причерчивание.

Михайлина Ольга Алексеевна,
Смирнов Юрий Александрович,
Тихомиров Юрий Михайлович

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Метод оценки ожидаемых уровней виброшумовых характеристик судового оборудования

В работе рассматривается серия судовых центробежных вентиляторов (тип РСС, РСЦ). Задачей исследования является разработка метода, позволяющего оценить усреднённые для серии вентиляторов минимально и максимально достижимые уровни шума и вибрации.

Оценка этих уровней имеет важное значение при проектировании судового оборудования, которое должно удовлетворять предварительно заданным требованиям. Исследования проводились с использованием безразмер-

ных критериальных зависимостей геометрически подобных вентиляторов одной серии. Оценку спектрального состава воздушного шума вентилятора производили, используя удельную характеристику безразмерной спектральной плотности мощности давления воздушного шума в модели вихревого шума вентилятора в зависимости от безразмерной частоты в виде критерия числа Струхала. Оценку вибрационных характеристик вентилятора в направлении оси аппликата также производили на основе критериальных зависимостей, но уже моделирующих колебательные процессы геометрически подобных вентиляторов одной серии. Для вывода безразмерных зависимостей исходили из простейшей модели колебаний корпуса вентилятора на амортизирующей конструкции с учетом того, что известны масса вентилятора (без амортизирующей конструкции) и общая динамическая жесткость амортизаторов.

Результатом работы стал метод, основанный на исследовании судовых вентиляторов серии РСЦ с использованием безразмерных критериальных зависимостей, который позволяет сравнительно просто производить оценку спектральных уровней воздушного шума и вибрации судового оборудования, а также дает возможность оценивать, как минимальные, так и максимальные усреднённые по всей серии уровни виброшумовых характеристик.

Ключевые слова: судовое оборудование, центробежные вентиляторы, виброшумовые характеристики, критериальные зависимости, безразмерная спектральная плотность.

**Михеева Анастасия Алексеевна,
Глазырина Диана Олеговна**

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»,
ФГБУН «Институт физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина
Российской академии наук»
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственной морской технический
университет»

Обеспечение коррозионной безопасности судовых трубопроводов

В работе проведен анализ крупнейших аварий на судах за последние десятилетия, вызванных коррозионным разрушением материала.

Целью работы является рассмотреть существующие способы защиты от коррозии и перспективные методы защиты от микробиологической коррозии судовых конструкций.

В ходе анализа аварий на судах было определено, что наибольшему воздействию факторов, способствующих развитию коррозии подвержены забортные судовые трубопроводы.

Основными причинами возникновения и развития коррозии в трубопроводах являются: электролиты, температура, влажность, механические повреждения, различные загрязнения, образование гальванической пары.

Если с основными причинами образования коррозии удастся бороться и увеличить срок службы трубопровода, то образование микробиологической коррозии на судовых трубопроводах практически не рассматривалось.

Задачами исследования являются:

- изучение особенностей влияния микроорганизмов на забортные судовые трубопроводы;
- анализ существующих способов защиты от коррозии, применяемый в том числе и для защиты от микробиологической коррозии;
- рассмотрение новых способов защиты от коррозии на основе специализированных добавок в сплав стали для забортного трубопровода.

На основании проведенного анализа были выявлены преимущества и недостатки каждого из способов защиты судового забортного трубопровода от микробиологической коррозии.

Результатом исследования являются ряд предложений, включающий регулярный мониторинг состояния металла, использование эффективных защитных покрытий, рассмотрение применения специальных сплавов, а также использование одних микроорганизмов для уничтожения других. Такой подход позволит сократить расходы на ремонт и замену поврежденных участков трубопроводов на 30–50 %.

Ключевые слова: судовые забортные трубопроводы, коррозия, сульфатредуцирующие бактерии, методы защиты от коррозии.

Пашин Максим Олегович

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

Повышение эффективности сжигания углеводородов

Рассматривается способ, улучшающий эффективность сжигания углеводородов путём смешивания природного газа с водородом H_2 в камере сгорания, а также получение водорода электролизом из перегретого пара и предположительная схема установки.

Актуальность работы заключается в том, что углеводородное топливо является основным источником тепловой энергии в современном мире. На электроэнергетику приходится около 67 % потребления природного газа, и этот показатель растёт каждый день.

Целью данной работы является изучение способа эффективного сжигания углеводородов. Получение большего количества тепла при сжигании топлива и уменьшение затрат природного газа. К природному газу, метану, добавляется водород H_2 , полученный с помощью электролитической диссоциации. В высокотемпературном твёрдооксидном электролизёре происходит диссоциации перегретого пара.

Полученная смесь метана и водорода в результате горения выделяет большее количество тепла, чем горение чистого метана. Использование такой смеси снижает расход природного газа и улучшает горение его в целом. При такой температуре топливо догорает более эффективно, не оставляя частиц, которые следует дожигать.

Данный метод имеет свои затраты на получение водорода из перегретого пара и нагрев пара до 1000 К, однако установка, вошедшая в рабочий цикл, выделяет достаточное количество водорода, впоследствии доля природного газа в цикле уменьшается за счёт производства водорода, как результат уменьшается и потребление природного газа всей установкой.

Ключевые слова: диссоциация водяного пара, электролиз, перегретый пар, электролизер.

**Плотицын Сергей Денисович,
Герман Галина Валентиновна,
Попов Сергей Валентинович,
Иванова Виктория Алексеевна**

АО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро
«Онега»
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской
технический университет»

Применение наилучших технологий и практик при разработке проектов систем технического обеспечения судов

Проведение экспертизы проектов систем технического обеспечения судов (ТОС) на соответствие требованиям нормативных документов по пожарной безопасности значительно снижает количество принятия возможных неправильных технических решений, что обеспечивает снижение риска возникновения пожара до регламентированных значений и тяжести пожаров за счет своевременного выявления, локализации и ликвидации аварийной ситуации при выполнении работ по строительству и ремонту судов.

Проведено исследование, включающее анализ проектов систем ТОС, прошедших экспертизу в АО «НИПТБ «Онега» с 2013 по 2024 годы, выявление количества систем ТОС, ошибок, допущенных при проектировании слабых систем ТОС, их взаимосвязи с конструктивно-технологическими характеристиками судов, формулирование причин возникновения ошибок и выработку рекомендаций по их устранению или снижению до минимума.

Исследование выполнялось с использованием авторской расчетно-аналитической методики, основанной на корреляционно-регрессионном анализе, методе главных компонент и методе Монте-Карло. Это исследование показало существенную зависимость количества систем ТОС от конструктивно-технологических характеристик судов, позволило создать параметрические модели зависимостей для дальнейшей оценки и прогноза, установить стохастический характер возникновения ошибок и провести имитационное моделирование для прогноза их количества при заданном количестве систем ТОС.

В результате предложены мероприятия, реализация которых позволит сократить сроки и стоимость постройки, ремонта и модернизации судов за счет унификации и типизации применяемых систем ТОС, модульной конструкции их исполнения, а также совершенствования процессов их проектирования, в т.ч. за счет разработки типового проекта документации с рекомендуемыми формулировками, обеспечить высокую пожарную безопасность при выполнении работ, повысить надежность и качество разработанных систем ТОС.

Ключевые слова: системы технического обеспечения судов, пожарная безопасность.

Полякова Полина Алексеевна

Филиал «Центральный научно-исследовательский институт
судовой электротехники и технологий»

ФГУП «Крыловский государственный научный центр
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

Определение структуры и параметров фильтрующего устройства в системе преобразования энергии с амплитудно-фазным регулированием

Система преобразования энергии (СПЭ) является составной частью судовой системы электродвижения и включает в себя блок выпрямительный из двух параллельно соединенных трехфазных мостовых управляемых выпрямителей и блок инверторный из двух параллельно соединенных трехуровневых инверторов напряжения с входными конденсаторными батареями. Питание СПЭ получает от двухобмоточного синхронного генератора мощностью 7 МВт, энергию переменного тока с фиксированными параметрами которого преобразует в энергию переменного тока с регулируемым действующим значением, частотой

и начальной фазой напряжения статорных обмоток шестифазного синхронного двигателя мощностью 5 МВт.

К характеристикам СПЭ предъявляется ряд требований: возможность регулирования амплитуды выпрямленного напряжения от 10 % до 100 % от его номинального значения, задание частоты вращения синхронного двигателя в диапазоне от 0 % до 100 %, при этом уровень пульсации выпрямленного тока не должен превышать заданного в различных режимах работы системы.

С целью удовлетворения поставленных требований предлагается применение системы импульсно-фазового управления напряжением выпрямителя и в качестве алгоритма управления напряжением инвертора – пространственную векторную широтно импульсную модуляцию. Одним из способов обеспечения качества энергии, а именно ограничение пульсаций тока выпрямленного тока в заданном диапазоне, является применение фильтра на выходе тиристорного преобразователя, позволяющего сглаживать пульсации выпрямленного напряжения до требуемого уровня.

Таким образом, основная задача работы заключается в расчете и выборе топологии фильтра на выходе выпрямительного блока, обеспечивающего пульсации тока в заданном диапазоне.

Рассмотрено несколько вариантов структур фильтрующего устройства: *C*-фильтр, *L*-фильтр, *LC*-фильтр. Результаты исследования демонстрируют целесообразность либо применения *L*-фильтра, так как использование других топологий приводит к превышению максимально допустимого уровня пульсация выпрямленного тока, либо повышения значения эквивалентной емкости конденсаторной батареи на входе инвертора.

Для подтверждения работоспособности разрабатываемой СПЭ проведено математическое моделирование в САПР *Matlab/Simulink*.

Ключевые слова: система преобразования энергии, управляемый выпрямитель, автономный инвертор напряжения, синхронный генератор, синхронный двигатель, коэффициент пульсации тока, фильтр.

**Пономаренко Елизавета Андреевна,
Бурунова В. Ю.,
Демидов С. М.**

ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»

Обоснование оптимального облика каркасной конструкции для расположения двигательной установки

Определение оптимального облика силовой конструкции на судне является актуальной задачей, в связи с тем, что при меньшей массе конструкции появляется возможность увеличить грузоподъемность судна, сохранив прочность конструкции.

Целью работы является моделирование конструкции минимальной массы, обеспечивающей требуемые прочностные характеристики.

Для анализа прочности используется метод конечных элементов. Для получения оптимальной формы, требуется проанализировать влияние изменения формы несущих элементов на коэффициент запаса конструкции.

Создав параметрическую модель изделия и приложив заданные от агрегатов и систем судна нагрузки, можно сформулировать оптимизационную задачу: найти такую комбинацию геометрических параметров опорной конструкции, обеспечивающей минимальную массу и удовлетворяющие прочностные характеристики. Корпус судна состоит из силовых элементов, шпангоутов, продольного набора, книц и других элементов. Эти объекты смоделированы в виде твердых тел в приложении «Оборудование: металлоконструкции» в КОМПАС-3D. В качестве прототипа отсека судна служит модель секции «Сухогрузной аппаратной барже-проекта RDB66.68MA». Для анализа нагрузки используются весовые и геометрические характеристики двигателя 4D24G6-MG. Используется метод конечных элементов. В качестве программы для определения нагрузок используется модуль APM FEM входящий в КОМПАС-3D, а для определения оптимальной конструкции воспользуемся приложением Оптимизация IOSO-K в КОМПАС-3D.

В ходе работы было определено несколько наилучших конфигураций с минимальной массой, удовлетворяющих прочностным требова-

ниям. Из них был выбран вариант, обладающий минимальной массой и максимальным располагаемым пределом текучести. Поскольку в результате расчета размеры не имеют целого значения было выполнено округление размеров и был проведен повторный уточняющий анализ в APM FEM.

В ходе работы была сформирована оптимизационная задача изменения геометрических форм, которая позволила при анализе оценить влияние данных изменений на массу конструкции и сформулировать требования для решения подобных задач для более сложных конструкций.

Ключевые слова: оптимизация, исследование облика, минимизация массы, каркасная конструкция.

**Попов Евгений Игоревич,
Некрасов Владимир Александрович,
Фомин Александр Владимирович**

ФГАОУВО «Северный (Арктический) федеральный университет
им. М.В. Ломоносова», филиал САФУ в г. Северодвинске

К вопросу о снижении гидравлического сопротивления в трубопроводах энергетических систем

Снижение гидравлического сопротивления и гидродинамического шума в трубопроводных системах являются одной из важнейших и актуальных задач, решаемых в трубопроводах энергетических систем.

Цель работы – исследование снижения гидравлического сопротивления и гидродинамического шума способом, основанном на научном открытии № 357 «Явление трансформации закрученного потока жидкости или газа при прохождении через ячеистую пространственную решётку», в системе транспортировки рабочей среды участка «Вода» комплексного унифицированного стенда

В работе использовано научное открытие № 357 «Явление трансформации закрученного потока жидкости или газа при прохождении через ячеистую пространственную решётку», трёхмерная модель участка «Вода»

комплексного унифицированного стенда и пакет программ для численного моделирования методом контрольных объёмов.

Результаты численного моделирования методом контрольных объёмов показали, что естественная закрутка потока рабочей среды, которая образуется в криволинейных трубопроводах по естественным причинам при различных расходах, с последующим прохождением через ячеистую пространственную решётку, не достаточна и значения коэффициента гидравлического сопротивления изменяются незначительно.

При дополнительной закрутке потока и прохождении его через ту же ячеистую пространственную решётку наблюдается трансформация потока, в многовихревой с возникновением самостоятельных вихревых потоков, которые взаимодействуют друг с другом и образуют вихри-сателлиты, вращающиеся в противоположных направлениях между основными потоками. Данная структура является энергетически выгодной.

За счёт такой структуры происходит уменьшение гидравлического сопротивления и гидродинамического шума на прямом участке трубопровода.

Численное моделирование данного способа трансформации потока показало, что применение одного разделителя недостаточно. Для наиболее эффективного снижения гидравлического сопротивления и гидродинамического шума необходимо разработать устройство для дополнительной закрутки потока.

Раднаев Андрей Баирович

АО «Силовые машины», завод «Электросила»

Термоэлектромагнитные характеристики демпферных систем синхронных двигателей

Актуальность исследования связана с необходимостью повышения устойчивости синхронных двигателей к перегрузкам, где критическую роль играет материал демпферной обмотки, выбор которого определяет способность машины подавлять колебания ротора, предотвращая аварийные режимы. Противоречие между высокой электропроводностью, термостойкостью, пусковыми характеристиками и экономической целесообразностью материалов требует системного анализа для оптимизации надёжности и снижения эксплуатационных затрат.

Целями работы являются проведение сравнительного анализа влияния материала демпферной обмотки на динамическую устойчивость синхронного машин при перегрузках, установка критериев выбора материала на основе его характеристик, а также разработка практических рекомендаций для оптимизации конструкции демпферных систем в условиях режимов эксплуатации. Использован анализ переходных процессов численными и аналитическими методами при скачкообразной нагрузке.

В результате разработаны критерии выбора материала, позволяющие оптимизировать конструкцию демпферных обмоток под конкретные режимы работы.

Разработанные критерии выбора материалов, основанные на анализе их электрофизических и тепловых характеристик, позволяют оптимизировать конструкцию двигателей под конкретные условия эксплуатации. Полученные результаты внедрены в промышленные проекты, повысив надежность энергетического оборудования.

Ключевые слова: синхронный двигатель, демпферная обмотка, короткозамкнутая обмотка, перегрузочная способность.

Родионов Николай Юрьевич

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской
технический университет»

Анализ подходов по оценке пропульсивной мощности судов ледового плавания

Настоящая работа посвящена анализу существующих подходов по оценке пропульсивной мощности (мощности на валах) судов ледового плавания. В качестве данных подходов рассматриваются две основные группы зависимостей:

- полуэмпирические формулы, определяющие мощность при помощи предварительной оценки ледового сопротивления или тяги движительно-рулевого комплекса;
- регламентирующие формулы, разрабатываемые Классификационными обществами.

Необходимость в анализе данных зависимостей обусловлена интенсификацией грузоперевозок в Арктическом регионе и соответственным ростом потребности в проектировании и постройки судов ледовых классов. В свою очередь, в процессе проектирования новых или оценки соответствия существующих судов требованиям ледовых классов одной из главных задач является определение необходимой мощности на валах судна. Задачами исследования являются:

- анализ особенностей взаимодействия пропульсивной установки с ледяным покровом;
- анализ входных параметров расчётов по рассматриваемым методикам и степень их соответствия описанной картине взаимодействия;
- анализ граничных условий и областей применения методик;
- выполнение расчётов мощности для показательной выборки судов;
- анализ полученных результатов.

В состав указанной выборки входят примеры судов различного типа и конструкции с ледовыми классами Ice2 – Arc7, имеющих отличные друг от друга варианты компоновки движительно-рулевого комплекса.

Далее, на основании проведённого анализа в работе устанавливаются преимущества и недостатки рассматриваемых подходов и отдельных зависимостей. Результатом представляемого исследования являются рекомендации по дальнейшему совершенствованию имеющихся подходов и описание областей применения методик.

Ключевые слова: мощность на валах, пропульсивная мощность, лёд, движительно-рулевой комплекс.

Романюта Дмитрий Александрович

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Особенности расчетов прочности конструкций из полимерных некомпозиционных материалов

В настоящее время, среди полимерных некомпозиционных материалов, используемых в качестве основного материала корпуса малотоннажных судов, используется полиэтилен низкого давления, полипропилен

и пластифицированный поливинилхлорид. В качестве одной из возможных альтернатив, предлагается использование непластифицированного поливинилхлорида (винипласта), испытания которого иллюстрируют лучшие физико-механические свойства. Однако, возникает вопрос к прикладной методике, позволяющей осуществлять проектирование соответствующих корпусных конструкций.

Целью является обоснование возможности использования методики расчета стальных конструкций в упругой зоне, применительно к полимерным некомпозиционным материалам.

Проверка алгоритмов расчета рассматривается на жестком поливинилхлориде «*RS-Rigid*», компании «Ялукс-Групп». В качестве методов исследования использовались аналитические расчетные методы, эксперименты, измерения и сравнения.

Выполнено экспериментальное обоснование изотропности/анизотропности рассматриваемого материала и линейной упругости начального участка диаграммы растяжения и изгиба. Подготовлены испытательные стенды для проведения испытаний балок и пластин, на соответствие теоретическим расчетным методам. Работоспособность испытательных стендов проверена на стальных образцах. В качестве критерия оценки использовались прогибы выбранных участков образцов. Использование выбранных методик расчета балок позволила с точностью до 15 % подтвердить теоретически полученные прогибы. Экспериментальное подтверждение прогиба пластин в настоящий момент дает существенную погрешность

Предполагается видоизменить оснастку для испытания пластин и провести повторные испытания. Окончательное обоснование возможности применения методики расчета стальных конструкций в упругой зоне, применительно к винипласту (с поправкой на упругие свойства материала), позволит существенно облегчить выбор размеров связей корпусных конструкций на начальных этапах проектирования.

**Ромашкина Екатерина Семеновна,
Осипов Роман Денисович**

АО «Балтийский завод»

Численное моделирование условий возникновения пластических деформаций элементов спускового устройства

В процессе спуска судна проект 22220 заказа 05712 «ЧУКОТКА» деформировалась конструкция копыльев 23–29 шпангоутов. Деформировались приварные кницы в районе 23 и 25 шпангоутов и стяжки-распорки между копыльями в районе 22 и 26 шпангоута. В качестве объекта исследования рассматривается конструкция копыла.

Целью данной работы является исследовать условия возникновения пластических деформаций элементов спускового устройства.

Оценка напряженно-деформированного состояния выполнена с помощью современных численных процедур. Это позволило учесть больше факторов физического процесса деформирования, чем аналитические. В качестве численного метода был использован метод конечных элементов. В качестве расчетных сценариев рассмотрены случаи до и после спуска судна на воду.

В результате работы была получена конечно-элементная модель копыльев. На основе данной модели, выполнен расчет до спуска судна в нескольких вариантах: корпус судна давит на копыл с нагрузкой равной весу корпуса с/без деревянными подушками; с нагрузкой, исходя из среднего удельного давления на насадку с/без деревянными подушками; с нагрузкой равной баксовому давлению. Расчет модели после спуска рассмотрен в двух вариантах: после спуска судна на воду и в момент демонтажа.

В результате серии расчетов были выявлены ситуации, при которых может происходить деформирование конструкций. На практике комбинированное применение приварной кницы и деревянной подушки для передачи нагрузки от опирания корпуса на подкос копыла сталкивается с трудностями в достижении плотного прилегания деревянной подушки. Это становится причиной образования жесткой точки. Для предотвращения повторного деформирования было принято решение дополнить

модель ребрами жесткости на кницах и стяжках-распорках, а также кницу в районе 23 шпангоута сделать полностью приварной. Проведенные расчеты новой модели подтвердили ее эффективность, что позволило внести необходимые правки в чертеж. Обновлённая конструкция копыльев, учитывающая эти изменения, будет применена во время следующего спуска судна на воду.

Ключевые слова: спусковое устройство, копылья, пластические деформации, метод конечных элементов.

Салихов Дамир Фаильевич

Научно-исследовательского института спасания и подводных технологий ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»

Способ расчета равновесных положений при подъеме затонувших объектов с помощью судоподъемных понтонов

Применение стальных судоподъемных понтонов (ССП) остается актуальным. Они обеспечивают подъем затонувших объектов приложением внешних сил плавучести и являются альтернативой применению плавучих кранов и крановых судов, позволяя выполнить работы с меньшими затратами и без разделки затонувшего объекта на части.

Целью работы является разработка нового способа расчета равновесных положений системы «затонувший объект – понтоны»

с вычислением осадки поднимаемого затонувшего объекта и его дифферента на различных этапах всплытия, позволяющего ускорить процесс вычислений и повысить их точность.

В рамках исследования разработан новый способ расчета равновесных положений системы «затонувший объект – понтоны», заключающийся в применении при выполнении расчетов математических зависимостей, основанных на замене характеристик реальных цилиндрических понтонов круглой формы расчетными характеристиками соответствующих эквивалентных понтонов прямоугольной формы той же грузоподъемности и на расположении эквивалентных понтонов на схеме подъема

ма затонувшего объекта в тех же координатах по длине, а по высоте со смещением вверх на величину нулевой осадки реальных понтонов, что позволяет применять математические зависимости вместо применявшихся ранее графических зависимостей, дающих исходные значения для расчетов вручную со значительными погрешностями.

Доказано, что замена ССП реальной формы на ССП с эквивалентными размерами при расчетах позволяет обеспечить ускоренное автоматизированное выполнение расчетов равновесных положений с определением осадки и дифферента при подъеме затонувших объектов, поднимаемых судоподъемными понтонами, и увеличить их точность за счет применения математических зависимостей вместо графических зависимостей, дающих исходные значения для расчетов вручную со значительными погрешностями.

Ключевые слова: расчет равновесных положений, затонувший объект, судоподъемный понтон, эквивалентный понтон, автоматизированный расчет.

Сахonenкова Анна Павловна

АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»

Антикоррозионные, необрастающие составы на основе технеция-99

Проблема биообрастания и связанная с ней проблема коррозии частей установок, постоянно эксплуатирующихся в воде, обсуждается уже несколько десятилетий. Биообрастание ответственных узлов кораблей, постоянно эксплуатирующихся в воде, увеличивает сопротивление, коррозию, расход топлива и нагрузку на двигатель.

Целью работы является создание материала повышенной надежности для защиты металлических поверхностей, эксплуатируемых в агрессивных средах от электрохимической и биохимической коррозии.

Было изготовлены покрытия двух типов: покрытия металлического технеция-99 и ингибирующие составы. В качестве прекурсора для нанесения покрытия металлического технеция-99 методом осаждения из газовой фазы использовали $99\text{TcH}(\text{CO})_5$. Нанесения проводили при трех температурных режимах: 300, 400 и 500 °С. Полученные покрытия

подвергали отжигу при 700 °С. Ингибирующие составы были изготовлены с применением химического преобразователя ржавчины НОТЕХ-К, концентрацию добавленного ингибитора, K_99TcO_4 , варьировали от 0,0001 % до 1 %.

Для сравнительной оценки защитных свойств НОТЕХ-К и НОТЕХ-Тс использовались нестандартные испытания погружением в воду и выдерживанием образцов над зеркалом воды. Отсутствие защиты в холостом опыте проявлялось практически немедленно.

Установлено, что полная, 100 % защита от коррозии наблюдается при концентрациях пертехнетата калия от 0,01 %. Методом рентгеноструктурного анализа был подтвержден состав покрытий, полученных методом осаждения из газовой фазы. Показано, что увеличение температуры нанесения уменьшает процент выщелачивания Тс-99, а отжиг при 700 °С позволяет практически полностью подавить выщелачивание технеция-99, а также способствует усилению противодействия биообрастанию.

В результате разработан метод нанесения покрытий металлического технеция-99. Покрытия на основе технеция-99 демонстрируют антикоррозионные свойства.

Ключевые слова: технеций-99, пертехнетат, НОТЕХ, антикоррозионные покрытия, необрастающие покрытия, химическое осаждение из газовой фазы.

**Серебренников Владимир Александрович,
Логинов Алексей Николаевич**

АО «СПМБМ «Малахит»

Внедрение agile-методологий в проектно-конструкторском бюро: опыт АО «СПМБМ «Малахит»

Проектно-конструкторские бюро сталкиваются с необходимостью повышения эффективности управления проектами, особенно в условиях сложных инженерных разработок. В данном докладе представлен опыт внедрения agile-методологий в АО «СПМБМ «Малахит», включая выбор инструмента, примеры его использования и достигнутые результаты.

Целью доклада является анализ методологий управления проектами в Обществе, выбор наиболее подходящего инструмента и оценка результатов внедрения системы управления проектами.

Основные задачи:

1. Изучение текущих систем управления проектами в Обществе.
2. Обоснование необходимости внедрения agile-подхода.
3. Сравнительный анализ решений, доступных на российском и международном рынках.
4. Обоснованный переход на отечественные технологии.
5. Оценка внедрения agile-системы и перспектив ее масштабирования.

На основе анализа была выбрана система YouGile. В качестве пилотного проекта она была внедрена в секторе разработки программного обеспечения ИТ-отдела. Этот этап позволил проверить эффективность инструмента на практике.

Ключевые результаты внедрения:

1. Структурированное управление – agile-инструмент обеспечил четкую визуализацию процессов и задач исполнителей.
2. Соблюдение сроков – системное планирование позволило устранить риски задержек.
3. Гибкость – инструмент поддерживает адаптацию к изменяющимся требованиям проекта.
4. Эффективная коммуникация – встроенные механизмы обмена информацией упростили взаимодействие команды проекта с функциональными заказчиками.

Внедрение agile-методологии дало положительный эффект в реализации проектов, позволив оптимизировать рабочие процессы, улучшить контроль сроков и повысить эффективность работы команды.

Ключевые слова: agile, канбан, импортозамещение, оптимизация и эффективность.

**Соловьев Владислав Олегович,
Ершова Ирина Валерьевна**

АО «Центр судоремонта «Звездочка»
ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»

Влияние построения уточнённой математической модели на измерения радиационных характеристик крупногабаритного оборудования АПЛ

Одним из этапов жизненного цикла корабля является ремонт или модернизация. При проведении данных этапов встаёт вопрос о замене, либо ремонте крупногабаритного оборудования (КГО). Для определения схемы обращения с КГО, находящегося в реакторном отсеке, проводят измерения радиационных характеристик.

Важным параметром является удельная активность радионуклидов. Измерения проводят переносными гамма-спектрометрами по аттестованным методикам измерений (МИ). В общем случае определение удельной активности проводят по формуле:

$$A_{уд} = \frac{(S_{и}/t_{и} - S_{ф}/t_{ф})}{(m \cdot K_{эфф} \cdot \eta)},$$

где $S_{и}$, $S_{ф}$ – площадь пика в данном канале при проведении измерений КГО и измерений фона, имп.;

$t_{и}$, $t_{ф}$ – время проведения измерения КГО и фона, с;

m – масса КГО, кг;

$K_{эфф}$ – коэффициент эффективности регистрации;

η – выход гамма-квантов с данной энергией.

В настоящий момент, используемое в МИ программное обеспечение не позволяет определить уточненные значения удельных активностей из-за «грубого» построения математической модели определения эффективности.

По этой причине авторами была написана программа на языке программирования C++ с применением библиотек данных GEaNT4, позволяющая определять уточнённый коэффициент эффективности. Также получены кривые эффективности для всего энергетического диапазона спектрометра.

Применение данной программы позволяет более детально оценить значения удельных активностей КГО, данный факт способствует определить дальнейшую схему обращения с оборудованием и возможные уровни воздействия ионизирующего излучения на персонал.

Ключевые слова: измерение радиационных характеристик, радионуклид, эффективность регистрации, математическая модель.

Тумашов Дмитрий Сергеевич,
Голиков Сергей Сергеевич

АО «НИИ телевидения»

Арктические метеокомплексы мониторинга погоды и климата

Россия занимает одну из ведущих позиций в мире в вопросе освоения Арктического региона. Это способствует развитию и внедрению перспективных технологий, позволяющих сделать этот регион более комфортным и безопасным для людей. Освоение столь сурового региона невозможно себе представить без систем мониторинга погоды, в том числе, мониторинга ледовой обстановки. В современных условиях изменения климата вопрос получения, обработки и доведения до потребителя оперативной информации о состоянии гидрометеорологических показателей региона стоит достаточно остро. Учитывая протяженность Арктического региона, установка станций, обеспечивающих локальное наблюдение за метеопараметрами, является малоэффективным.

В этой ситуации на помощь приходят системы космического, дистанционного зондирования Земли. Станции позволяют осуществлять прием, обработку комической информации с последующей ее визуализацией в виде снимков поверхности Земли со средними размерами до 600 километров в ширину и до 2500 километров в длину.

Однако такие станции имеют значительные габариты, высокую стоимость, требуют дорогостоящего обслуживания и проведения сложных

мероприятий по развертыванию оборудования, в том числе проведения инженерных изысканий.

АО «НИИ телевидения», входящее в холдинг «Росэлектроника» Госкорпорации Ростех, меняет эту ситуацию, делая подобные комплексы доступными для организаций с ограниченным бюджетом и площадками для размещения оборудования. Собрав двадцатилетний опыт создания подобных систем, НИИ телевидения «воплотило в жизнь» Комплекс мониторинга метеорологической и ледовой обстановки четвертого поколения – АПК ГМИ. В отличие от большинства своих аналогов комплекс АПК ГМИ обеспечивает прием космической информации сразу в двух диапазонах (сантиметровом и дециметровом) и во всех поляризациях на сравнительно небольшую антенную систему (рефлектор зеркала антенны 1,65 метра), установленную в радиопрозрачном укрытии для обеспечения безотказной работы комплекса в жестких климатических условиях крайнего сервера. Комплекс способен работать при скоростях ветра до 60 м/с и экстремальных морозах до минус 60 °С.

При этом комплекс обеспечивает автоматизированный прием и обработку информации от космических аппаратов серии «Метеор», «Электро-Л», «Арктика-М», «NOAA», «JPSS», «GOES», «Meteosat», «METOP», «FENGYUN», «NPOESS», «MTSAT», «Aqua»; «Suomi-NPP (NPOESS)», «Terra», а также визуализацию результатов обработанных данных в виде нанесения на картографическую основу любых геоинформационных систем информации основных метеорологических параметров, таких как тип и количество облачности, температура верхней границы облаков, высота верхней границы облаков, тип и интенсивность осадков, температура поверхности моря/океана, температура поверхности суши, влагосодержание почвы, вегетативный индекс, профиль температуры, профиль влажности, полное влагосодержание атмосферы, границы снежного покрова на поверхности суши, границы ледяного покрова на поверхности моря/океана, микрофизика и др.

Доступное высокопроизводительное решение приема спутниковой информации, поступающей от существующих и перспективных отечественных и зарубежных космических аппаратов, крайне востребовано для обеспечения участников транспортного комплекса Северного морского пути оперативной метеорологической информацией.

Ключевые слова: Северный морской путь, дистанционное зондирование Земли, пункты приёма космической информации, гидрометеорология.

**Устинов Сергей Андреевич,
Савитченко Георгий Олегович**

ООО «Росатом машиностроение»

Использование автономной системы синхронного подъема для обеспечения оптимизации производственных процессов строительства судов

В рамках обеспечения выполнения производственных процессов, связанных с монтажом крупногабаритных и/или тяжелых узлов и оборудования, на эффективность проводимых работ негативно влияют высокие временные затраты на подготовку к проведению работ, а также человеческий фактор.

В целях увеличения эффективности использования грузоподъемного оборудования и уменьшения влияния человеческого фактора на проведение монтажных работ предлагается применение автономной системы синхронного подъема.

Предлагаемая система, управляемая программируемым логическим контроллером (ПЛК), использует данные от нескольких датчиков для управления подъемом, опусканием и позиционированием любой крупногабаритной, тяжелой или сложной конструкции независимо от распределения массы. Изменяя скорость потока в гидравлических цилиндрах, с помощью которых осуществляется подъем, система обеспечивает очень точное управление положением груза. При этом исключается необходимость ручного вмешательства, синхронизатор помогает поддерживать целостность конструкции и повышает производительность и безопасность подъема. Управляемые с помощью ПЛК синхронные подъемные системы снижают риск изгиба, скручивания или опрокидывания из-за неравномерного распределения массы или сдвигов нагрузки между точками подъема.

Из основных преимуществ рассматриваемой системы можно выделить:

- возможность предварительно запрограммировать наклон, позиционирование и выравнивание груза до начала грузоподъемных операций;
- высокую обеспечиваемую точность управления положения груза на протяжении всего рабочего хода системы ± 1 мм;

- исполнение системы исключает необходимость подведения к исполняющим цилиндрам чего-либо кроме электрического питания;
- возможность управления при необходимости системой вручную с безопасного расстояния с помощью беспроводного пульта дистанционного управления;
- контроль регулировки усилия на каждой подъемной точке на протяжении всей операции;
- индикацию усилия и рабочего хода для каждой подъемной точки в реальном времени;
- малые затраты времени на установку/замену/демонтаж узлов и подготовку к работе системы синхронного подъема на поддерживающую раму/траверсу.

На основании вышесказанного применение автономной системы синхронного подъема в рамках обеспечения производственных процессов по монтажу крупногабаритных и/или тяжелых узлов и оборудования, позволит увеличить эффективность работы грузоподъемного оборудования, а также снизит затрачиваемые человеко-часы на подготовку к проведению монтажных работ.

Ключевые слова: подъем тяжелых грузов, грузоподъемные операции, монтажные работы, синхронный подъем, технология судостроения.

Федоров Владимир Валерьевич

АО «Центр технологии судостроения и судоремонта»

Применение модульно-агрегатного метода проектирования и постройки гражданских судов

На отечественных предприятиях срок постройки среднетоннажного морского судна составляет более одного года, что не позволяет обеспечить необходимую в настоящее время скорость обновления транспортного флота на российских верфях. Для сокращения сроков постройки серийных судов применяют модульно-агрегатный метод проектирования и постройки (МAM).

Целью доклада является рассмотрение возможностей применения МАМ для судов с электродвижением. Данный метод актуален при серийной постройке судов. Для различных проектов судов, возможно создание одинаковых модулей машинного отделения (МО) при условии, что их размеры по ширине, высоте борта и длине МО одинаковые при определённом диапазоне мощностей главной энергетической установки.

При использовании МАМ рекомендуется применить унифицированными ширину и высоту борта, а также длину МО для различных типов судов и энергетических установок. В докладе рассмотрен МАМ для энергетических установок судов с электродвижением.

Результаты исследований представлены на примере ледоколов типа «Ермак», необходимых для навигации Северного морского пути.

Применение мощностных рядов для судов с электродвижением возможно при компоновке дизель-генераторов одинаковой мощности в составе блоков, состоящих из двух агрегатов. На данном этапе исследования количество блоков разной мощности ограничено двумя типами дизель-генераторов.

Ключевые слова: модульно-агрегатный метод проектирования судна, модуль судовой энергетической установки, сборочно-монтажная единица, функциональный блок, энергетический блок, агрегат.

**Хлаинг Мьо Тхет,
Галиев Ильдар Ринатович**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской
технический университет»

Методы проектирования впускных каналов судовых высокооборотных дизелей

В данной работе рассматриваются современные методы проектирования впускных каналов для судовых высокооборотных дизелей. Анализируются различные подходы к оптимизации аэродинамических характеристик и минимизации потерь давления. Обзор литературы показал, что научной стороной вопроса совершенствования конструкции впускных

каналов занимаются ученые и инженеры ведущих университетов и технологических компаний во всем мире.

Целью является оптимизация впускных каналов судовых высокоскоростных двигателей, повышение объемной эффективности, снижение гидравлического сопротивления потока и улучшение стабильности сгорания. Выявлено, что вычислительная гидродинамика (CFD), параметрическое моделирование и экспериментальная проверка используются для анализа влияния геометрии канала на динамику воздушного потока.

При проектировании впускных каналов, особое внимание необходимо уделять оптимизации уровня турбулентности и перепаду давления для обеспечения равномерного распределения топливовоздушной смеси. Результаты показывают, что оптимизированные спиральные впускные каналы с адаптивными поперечными сечениями могут увеличить объемный КПД на 8–12 % и снизить перепад давления в оптимизированных конструкциях каналов на 7–10% в условиях высоких частот вращения коленчатого вала двигателя. Предлагаемая методология обеспечивает основу для согласования гидродинамических характеристик с производственными ограничениями при применении судовых двигателей.

Ключевые слова: впускной канал, двигатель, давление, эффективность, CFD-моделирование.

Чапалюк Екатерина Дмитриевна,
Калугина Яна Александровна

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской
технический университет»

Импортозамещение в судостроении: экономическая оценка

Судостроение – ключевая отрасль для РФ, долгое время зависевшая от импортных комплектующих. В условиях экономических санкций и разрыва логистических цепочек необходимо развивать отечественное производство для повышения его конкурентоспособности.

Цель: оценить влияние импортозамещения на экономику судостроения и сформулировать пути повышения его устойчивости.

Материалы и методы: данные о зависимости от импорта до 2022 г., текущее состояние судостроения, анализ государственных программ и поддержки локализации, оценка влияния импортозамещения на стоимость и конкурентоспособность.

До 2022 г. около 70 % судового оборудования было импортным. В ответ на экономические санкции российские предприятия увеличивают производство ключевых комплектующих. Доля отечественных комплектующих в судостроении выросла с 20 % в 2020 г. до 45 % в 2024 г.

Локализация производства повышает конкурентоспособность, создает новые рабочие места и развивает смежные отрасли. Замещение импортных комплектующих в краткосрочной перспективе повышает себестоимость судов, но в долгосрочной снижает валютные риски и логистические издержки. Импортозамещение в судостроении способствует технологической независимости, но требует продолжения оказания государственной поддержки и инвестиций. Долгосрочные перспективы включают снижение зависимости от импорта, расширение отечественного производства и укрепление позиций российских компаний.

Ключевые слова: импортозамещение, судостроение, локализация производства, экономическая оценка, технологическая независимость.

**Шлемин Дмитрий Анатольевич,
Кубряк Олег Витальевич,
Ковальчук Сергей Валерьевич**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Математическая модель малоразмерной надводной беспилотной платформы

Беспилотная малая надводная платформа (МНП) легкого класса представляет собой инновационное решение, актуальное для таких сфер, как мониторинг водных экосистем и границ на водоёмах, транспортировка малоразмерных грузов и помощь в спасательных операциях на воде. Развитие таких устройств требует решения комплекса задач в области робототехники, мехатроники и судостроения. Однако для эффективного

управления МНП необходимо точное прогнозирование их поведения в условиях внешних воздействий. Целью исследования является создание математической модели, позволяющей моделировать динамику МНП при различных режимах управления с целью оптимизации контроля и повышения их эффективности в реальных условиях эксплуатации.

Для построения модели использовались методы теоретической механики и гидродинамики. Уравнения динамики были сформулированы с учетом сил сопротивления воды, инерционных характеристик платформы и динамики вращения. Вычисления выполнялись в программном комплексе *Scilab*, что обеспечило учет нелинейных эффектов и проведение численных экспериментов.

В результате разработанная модель адекватно описывает динамику МНП в условиях спокойной воды. Валидация модели проводилась на основе результатов соревнований по судомоделированию (в которых принимал участие один из авторов), включавших испытания похожих надводных платформ. Результаты показали высокую точность модели в прогнозировании поведения МНП при различных внешних воздействиях.

Разработанная математическая модель может быть использована для оптимизации систем управления, повышения устойчивости платформы и расширения ее функциональных возможностей. Дальнейшие исследования предполагают создание виртуального полигона для визуализации и повышения эффективности моделирования. Перспектива связывается с отладкой методов для проектирования и моделирования поведения МНП и более крупных надводных систем.

Ключевые слова: беспилотная малая надводная платформа, математическое моделирование, надводная робототехника, виртуальный полигон.

Шутова Ирина Сергеевна

АО «Средне-Невский судостроительный завод»

Проблемы и перспективы внедрения цифровых технологий в композитном судостроении

Цифровизация – мировая тенденция, затрагивающая и судостроение. Внедрение цифровых технологий позволяет повысить качество, снизить затраты и сроки строительства судов. В композитном судостроении, в отличие от металлического, преобладает ручной труд, что создает вопросы о целесообразности цифровизации.

Основная цель – определить возможности цифровизации композитного судостроения для повышения производительности, несмотря на преобладание ручного труда.

В результате работы определены преимущества и недостатки автоматизации каждого этапа, такие как необходимость специального оборудования, высокая стоимость, потребность в подробной электронной модели и квалифицированных сотрудниках.

В работе проанализированы особенности внедрения цифровых технологий в композитное производство, выделены отличия от металлического судостроения и предложены направления цифровизации.

Ключевые слова: цифровизация, цифровые технологии, композит, ручное формование, композитное судостроение.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Подписано в печать 18.04.25. Формат 70×100/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 3. Тираж 100 экз.

Издание ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

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



ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР