

---

---

## РЕФЕРАТЫ

### **Алексеев А.В., Михальчук А.В., Грачев В.Н., Миклуш С.В. Технология разработки, структура и реализация цифрового двойника типового объекта информатизации.**

В развитии технологий ситуационного управления разработчиками все большее внимание уделяется вопросам мониторинга системных показателей качества функционирования сложных технических систем и объектов, мониторинга и прогнозирования обстановки в интересах поддержки принятия решений. Применительно к парадигме цифровых двойников на основе анализа ценности информации по критерию А.А. Харкевича и реализации технологии СПРУ предложено новое определение, типовые структура и методика, а также пример реализации цифрового двойника, инвариантного к специфике объектов.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, ценность информации, определение, цифровой паспорт, системный мониторинг, оптимизация решений.

### **Анциферов А.А., Докучаев Я.С., Бердник П.Г., Вакулина Н.Ю., Муравьева А.С. Создание виртуального информационного пространства на командном мостике корабля.**

Статья представляет результаты исследований направленные на создание системы информационного обеспечения процессов принятия решений командным составом экипажа корабля при использовании интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Создание информационной среды поддержки принятия решений предлагается реализовать путем создания комплекса информационных моделей на основе технологии дополненной реальности. Данный подход позволит повысить обоснованность и оперативность принятия решений командным составом экипажа корабля.

**Ключевые слова:** СППР, информационная модель, дополненная реальность.

### **Бобрович В.Ю., Алексеев А.В., Антипов В.В., Мусатенко Р.И., Смольников А.В. Системное управление проектным качеством и живучестью объектов морской техники: теория практики.**

В условиях цифровизации экономики, технологий научного поиска и проектирования традиционно востребованным и сложным системным вопросом инновационной деятельности является совершенствование методов моделирования управления качеством и эффективностью эксплуатации эргатических систем. Представлены результаты систематизации теории и практики квалиметрического управления качеством объектов морской техники на примере рыболовного траулера с использованием программного комплекса «КСПР», что позволяет оптимизировать комплексные организационно-технические решения.

**Ключевые слова:** синтетическая квалиметрия, конкурентная способность, системное управление, качество модели.

### **Грачев В.Н. Методические аспекты интеграции при управлении совместным использованием разнородных объектов.**

В статье рассматривается опыт разработчиков АО «НПФ «Меридиан», связанный с методологией, принципами, этапами и методами цифрового моделирования, которое на сегодняшний день является обязательным этапом решения инженерной задачи создания

работоспособной серийной аппаратуры для морских технических объектов. Цифровое моделирование позволяет избежать ошибок на этапах настройки физических образцов систем управления в части интеграции при управлении совместным использованием разнородных объектов.

**Ключевые слова:** spice-модель, электронная модель, пакет схемотехнического моделирования, система управления.

**Двойченко Ю.А., Калинина Н.В., Куркин А.А. Экранирующее влияние битого льда на распространение волн.**

Рассмотрено влияние битого льда на параметры распространения гравитационных и корабельных волн. Показано несоответствие использования принципа суперпозиции, заключающегося в сложении независимых составляющих сопротивления воды и льда движению судна, применяющегося в существующих аналитических расчетах, реальной картине процесса. Приведена количественная оценка влияния битого льда на составляющие сопротивления движению судов.

**Ключевые слова:** битый лед, сопротивление воды и льда, корабельные волны, энергия распространения волн.

**Долматов М.А., Рындин А.А., Девятков Т.В. 3D визуализация имитационных исследований функционирования судостроительных производств на основе ВМ-моделей.**

В статье кратко представлен опыт в части использования результатов ВМ моделирования при создании трехмерной визуализации для представления результатов имитационного моделирования процессов функционирования судостроительных производств.

**Ключевые слова:** судостроение, предприятие, имитационная модель, визуализация, результаты моделирования, ВМ-модель, программное обеспечение.

**Долматов М.А., Федотов М.В. К вопросу информационного обеспечения методов прогнозного моделирования при оценке выполнимости производственных планов судостроительного предприятия.**

В статье кратко рассмотрен вопрос о реализации информационного взаимодействия АС «Сириус» 2.0 с одной из отечественных КИС Global Marine, включая описание предполагаемого метода и форматов обмена данными.

**Ключевые слова:** судостроение, предприятие, имитационная модель, КИС, интеграция, интерфейс.

**Захаркин Д.В. Российское ПО для задач виртуального прототипирования в промышленности.**

Доклад рассматривает современные российские программные продукты для виртуального прототипирования в промышленности на примере продукта VR Concept. В ней описываются основные возможности и преимущества отечественного ПО VR Concept, а также приводятся примеры его применения в различных отраслях. Использование виртуальных прототипов позволяет сократить время и затраты на проектирование и испытания новых изделий, а также повысить их качество и надежность. Особое внимание уделено анализу перспектив развития рынка виртуального прототипирования в России.

**Ключевые слова:** VR, виртуальное прототипирование, промышленность России, VR Concept, машиностроение, технологии VR.

**Захаров В.В., Соколов Б.В., Ушаков В.А. Специальное модельно-алгоритмическое обеспечение планирования информационных процессов при взаимодействии группировки подвижных объектов.**

В докладе представлено решение задачи программного управления (планирования) информационными процессами, происходящими при взаимодействии группировки морских подвижных объектов. В общем случае информационные процессы включают в себя процессы получения подвижными объектами информации о контролируемых объектах, ее предварительной и вторичной обработки, хранения (если нет возможности ее передать конечным потребителям), а также процессы передачи и приема информации конечным потребителям. Цель решения рассматриваемой задачи состоит в повышении оперативности и качества управления указанными информационными процессами в интересах обеспечения своевременного и обоснованного принятия решения о состоянии контролируемых объектов. В статье приводится общая формальная постановка исследуемой задачи, ее декомпозиция и решение с использованием комбинированных моделей и алгоритмов, которые базируются на теории оптимального управления и исследовании операций. Приводится пример решения рассматриваемой задачи.

**Ключевые слова:** подвижные морские объекты, информационные процессы, статические и динамические модели, декомпозиция и координация.

**Калинов М.И., Родионов В.А. Имитационное моделирование в задаче прогнозирования результатов применения многоспутниковой системы наблюдения за морскими объектами.**

Представлен методический подход и показаны особенности имитационного моделирования при решении задачи прогнозирования результатов применения многоспутниковой системы наблюдения за морскими объектами. Выявлен факт различной информативности разных космических аппаратов орбитальной группировки и показана целесообразность исключения малоинформативных космических аппаратов из работы при пролете их над конкретными районами наблюдения при допустимом (незначительном) снижении ожидаемых результатов применения системы.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, прогнозирование, многоспутниковая система наблюдения за морскими объектами, орбитальная группировка, космический аппарат, методика, информативность, активность.

**Кузнецов А.Л., Семенов А.Д. Расчет параметров контейнерного порта методами теории массового обслуживания и имитационного моделирования.**

Задачу расчета параметров контейнерного порта или терминала в Нормативах технологического проектирования морских торговых портов предлагается решать аналитическими формульными методами. Формульные зависимости, составленные на основе обобщения опыта строительства и эксплуатации морских портов прошлого и даже позапрошлого века, не отражают произошедших в сфере транспорта изменений. Необходимость создания отечественной системы контейнерного груз распределения, вызванная уходом большинства контейнерных линий в результате действия санкций, поставила весьма остро проблему создания адекватных и эффективных методов проектирования, которые должны составить методический базис для разработки инфраструктуры морской и сухопутной транспортных систем страны. Опыт показывает,

что без применения средств математического (имитационного) моделирования решать задачи подобной сложности и размера рисков, связанных с ошибками проектирования, невозможно. В настоящей работе описывается инструментарий, в течении нескольких лет успешно используемый в практике проектирования морских торговых портов страны.

**Ключевые слова:** контейнерный порт, технологическое проектирование, имитационное моделирование.

**Ланцов В.В., Ланцов К.В., Мартынова Л.А. Имитационная модель оценки эффективности системы защиты подвижного объекта от малоразмерных робототехнических комплексов.**

Разработана имитационная модель функционирования системы отведения с маршрута одного из элементов морской роботизированной системы – малоразмерного беспилотного воздушного судна. Имитационная модель включает моделирование движения охраняемого объекта и беспилотника, его обнаружение и отведение с маршрута. Получена оценка влияния скорости беспилотника и внешних условий на эффективность его отведения от подвижного объекта. Результаты имитации позволяют выбрать места размещения средств обнаружения и совершенствовать алгоритмы.

**Ключевые слова:** системы обнаружения и отведения, беспилотное воздушное судно, вероятность обнаружения, имитационно моделирование.

**Ланцов К.В., Ланцов В.В., Мартынова Л.А. Имитационное моделирование возникновения интенсивных помех для определения параметров обнаружителя малоразмерного робототехнического комплекса.**

Для решения задачи обнаружения сигнала малоразмерного беспилотного воздушного судна на фоне интенсивных помех разработан имитатор фоновой радиочастотной обстановки, включающий в себя формирование постоянных и периодических сигналов на различной частоте, с различными видами модуляции и сигнальных созвездий. Разработаны имитаторы: работы приемника и поворотной антенны, появления беспилотника и сигнала его радиомодема, движения беспилотника и соответствующее изменение параметров сигнала его модема. Адекватность модели проверена результатами натурного эксперимента.

**Ключевые слова:** беспилотное воздушное судно, имитация радиосигнала, обнаружение радиосигнала модема, модуляция сигнала, созвездие сигнала.

**Маликова Т.Е., Соловьева Е.Е. Имитационная модель управления действиями погрузчика при формировании и расформировании операционного штабеля контейнерного терминала.**

Предложена компьютеризированная системы управления технологическими операциями в зоне хранения контейнерного терминала, построенная на принципах работы технологического автомата. Алгоритм работы системы реализован автоматом Мили, генерирующим последовательности сигналов (кодов), в которой каждый символ кода соответствует некоторому действию из рабочего цикла перегружателя. Посредством последовательности кодированных символов реализована функция управления действиями погрузчика при селективном поиске и выемке целевых контейнеров из штабеля временного хранения. Функция переходов, устанавливающая зависимость внутреннего состояния автомата в следующий момент времени от состояния входа и внутреннего состояния в настоящий момент времени, задана двумя

диаграммами переходов, позволяющими четко представить логику поведения объекта управления в ответ на управляющее воздействие системы. Первая диаграмма переходов моделирует последовательность перемещений погрузчика вдоль продольных рядов штабеля, а вторая – выполнение последовательности операций выемки целевых контейнеров из штабеля. Критерий выбора оптимальной кодированной последовательности управляющих сигналов – минимально возможное количество перемещений погрузчика вдоль продольных рядов штабеля (критерий расстояния).

**Ключевые слова:** терминал, производственные процессы, рабочий цикл, перегрузочное оборудование, технологический автомат, контейнер.

**Мартынова Л.А., Розенгауз М.Б. Имитационное моделирование работы системы определения местоположения малоразмерного робототехнического комплекса на этапе предварительного ее тестирования.**

Для пресечения несанкционированного полета малоразмерного беспилотного воздушного судна над морской акваторией проведена имитация работы системы определения его местоположения разностно-дальномерным методом по сигналу, излучаемому с его борта. При имитации учтено пропадание сигнала, его отражение и затухание. Получены оценки погрешности определения разности моментов прихода сигналов на пункты приема и погрешности определения местоположения беспилотника. Результаты натурных испытаний подтвердили адекватность имитационного моделирования.

**Ключевые слова:** малоразмерный робототехнический комплекс, беспилотное воздушное судно, определение местоположения, разностно-дальномерным метод, пространственно-разнесенные приемники.

**Миклуш С.В., Александров В.Л., Алексеев А.В. Концепция развития судостроительного предприятия на основе интеграции производственных процессов по системному критерию качества.**

В развитие судостроительных предприятий все большее внимание уделяется вопросам мониторинга, прогнозирования и цифровизации сложных технологических процессов на основе оценки и анализа системных показателей качества, соответствующей автоматизации и интеллектуальной поддержке принятия управленческих решений. В развитие этой парадигмы предложена концепция, модель и реализующий ее программный комплекс интеграции производственных процессов строительства судового заказа по системному критерию качества на основе квалиметрического анализа сложноструктурированных процессов с формированием интерфейса среды визуализации данных с оценкой частных, групповых и системного показателя качества. Это позволяет повысить качество управления производственными процессами за счет цифровизации, мониторинга, прогнозирования и контроля успешности реализации заказа в текущий момент времени на дату его сдачи.

**Ключевые слова:** цифровизация производства, интеграция технологических процессов, системный критерий качества, мониторинг производственных процессов.

**Михеев М.Ю., Хилал С.** Использование больших данных для устойчивого роста в морской индустрии Африки: возможности и вызовы.

Данное исследование с акцентом на роли больших данных в поощрении устойчивого роста исследует перспективы и трудности, с которыми сталкивается расширяющаяся морская промышленность Африки. В исследовании рассматриваются важные сегменты бизнеса, включая судоходство, порты и нефть и газ на континентальном шельфе, и исследуется потенциал роста и развития через применение передовых технологий и анализа больших данных. Для обеспечения устойчивого роста бизнеса, в соответствии с отчетом, необходимо решить ключевые проблемы, включая недостаточную инфраструктуру, проблемы безопасности и ограниченный доступ к финансированию. Отчет завершается рекомендациями по политике для лиц, принимающих решения, и заинтересованных сторон, с целью улучшения конкурентоспособности сектора и поддержки устойчивого роста.

**Ключевые слова:** Африка, морская промышленность, экономическое развитие, безопасность, экологическая устойчивость, глобальная интеграция, большие данные

**Недоступ А.А., Ражев А.О., Сергеев Е.И.** Численные эксперименты в гидродинамике сетчатых конструкций.

Сетчатые конструкции широко применяются в орудиях промышленного рыболовства и садках аквакультуры с целью заграждения или фильтрации гидробионтов, представляют собой жесткие инженерные сооружения. В статье рассмотрено применение численного метода для определения гидродинамических характеристик сетчатых конструкций при помощи разработанного авторами программного обеспечения. Предложены схематизация сетчатой конструкции, математическая модель, основанная на дифференциальных уравнениях в частных производных Навье-Стокса, расчетная область, начальные и граничные условия. Расчет проводился на регулярной расчетной сетке по неявной конечно-разностной схеме с применением методов покоординатного расщепления, линеаризации нелинейных уравнений с последующей коррекцией нелинейных коэффициентов, решением полученных трехдиагональных систем методом прогонки. Приводятся результаты численных экспериментов в виде качественных соответствий значений безразмерного давления на поверхности грациям серого в трехмерном представлении для различных сетчатых конструкций при различных углах атаки.

**Ключевые слова:** сетчатая конструкция, численный эксперимент, гидродинамика.

**Охтилев М.Ю., Охтилев П.А., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.** Концепции и технологии проактивного управления жизненным циклом сложных технических объектов на судостроительном предприятии.

В настоящее время ключевыми факторами развития современных предприятий становится импортозамещение, комплексная автоматизация и интеллектуализация их деятельности на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ). В докладе представлены результаты разработки новых интеллектуальных технологий и программные комплексы сбора, интеграции, интерпретации, визуализации данных и знаний, реализованные как единая отечественная информационно-аналитическая платформа проактивного управления ЖЦ сложных объектов. Результаты выполненной работы представлены в виде проектной документации на созданные и успешно функционирующие в различных отраслях экономики РФ информационно-аналитические системы и подтверждаются 15 патентами РФ на изобретения, 10 свидетельствами о регистрации программ.

**Ключевые слова:** сложный объект, жизненный цикл, проактивное управление, киберфизические системы и интеллектуальные интерфейсы.

**Павлов А.А., Быкова В.С. Имитационная модель средств обследования дна с использованием средств OpenGL.**

В работе рассматривается имитационная модель средств обследования дна с использованием вычислительных ресурсов графического процессора на базе спецификации OpenGL, с использованием модульного принципа формирования модели донной обстановки. Описывается процесс формирования исходных данных модели донной обстановки с элементами как природного, так и искусственного происхождения. Приводится общее описание процесса моделирования получения результатов взаимодействия средств обследования дна с донной обстановкой. С целью проверки корректности предлагаемого подхода приводятся результаты моделирования работы гидролокатора бокового обзора. Приведенные результаты позволяют судить о применимости изложенного подхода в задачах отладки алгоритмов обнаружения объектов в процессе проведения исследований автономным необитаемым подводным аппаратом, а также постобработки полученных данных, отладки алгоритмов планирования совместного применения средств обследования дна (определение параметров их наилучшего совместного функционирования).

**Ключевые слова:** средство обследования дна, донная обстановка, графическое процессорное устройство, гидролокатор бокового обзора.

**Плотников А.М., Долматов М.А., Девятков В.В. Вопросы имитационного (комплексного) моделирования судостроительных производств.**

В статье представлен опыт работ в части комплексного и имитационного моделирования судостроительных производств. Изложены основные решения по АС «Сириус» 2.0, предназначенной для выполнения имитационных исследований верфей и оценки выполнимости производственных судостроительных программ. Отмечены основные функциональные возможности системы и ее ключевые особенности. Описаны возможности для 3D визуализации результатов имитационного моделирования. Обозначены перспективные направления развития системы.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, визуализация, имитационное моделирование, имитационная модель, оптимизация стапельных мощностей, проактивное управление, судостроительное производство.

**Себин А.С., Блинов К.Д., Двойченко Ю.А. Исследование параметров моделирования ледового сопротивления судов в композитной модели ледяного покрова.**

В данной работе приведены результаты исследования параметров физического моделирования движения судна в сплошных льдах с использованием композитной модели ледяного покрова, составленной из одного слоя гранул сферической формы диаметром 20 мм. Рассмотрен принцип моделирования процесса разрушения ледяного покрова на основе метода функционального подобия. Приведены результаты модельных испытаний ледокола пр. 21900 «Санкт-Петербург» в композитном льду. На основе этих данных, а также результатов статических опытов по разрушению лабораторного льда сделаны выводы относительно применения рассмотренных условий моделирования.

**Ключевые слова:** ледовая ходкость, физическое моделирование, композитная модель льда, ледокол, ледовое сопротивление, функциональное подобие.

**Серова Е.Г., Шкляев Д.О. Агентно-ориентированное моделирование в управлении логистическими процессами в нефтяной отрасли.**

Интеллектуальная трансформация бизнеса – одно из основных направлений качественного развития современной экономики. Анализ проблем, связанных с развитием теории и практики логистики, особенно в последнее десятилетие, осуществляется с учетом применения системного подхода и современных интеллектуальных систем, систем распределенного искусственного интеллекта. В результате интеграции в нефтяную отрасль таких технологий четвертой промышленной революции, как искусственный интеллект (ИИ), 5G, облачные вычисления, IoT и постоянному развитию экосистемы ИИ-приложений происходит развитие отрасли, расширяются возможности предприятий по внедрению инноваций. Такие ресурсы, как нефть и газ, связаны с государственным регулированием и жизнеобеспечением населения, поэтому все звенья логистической цепочки должны удовлетворять требованиям эффективного управления и обеспечения высокого уровня конкурентоспособности. Искусственный интеллект – это важная стратегическая технология, позволяющая нефтяной отрасли своевременно реагировать на происходящие перемены логистических потоков и оперативно управлять ими. Одним из наиболее эффективных путей решения управленческих задач многофункциональной логистики является применение методов и систем имитационного моделирования, в первую очередь многоагентных систем, относящихся к классу систем распределенного искусственного интеллекта. Несмотря на обилие исследований по теории и методологии применения систем и различных подходов моделирования в логистике, постоянно ведется поиск наиболее эффективных и корректных путей их применения. Статья посвящена рассмотрению вопросов, связанных с применением имитационного моделирования, в первую очередь многоагентных систем, для совершенствования управления логистическими процессами в нефтяной отрасли.

**Ключевые слова:** управление логистическими процессами в нефтяной отрасли, системы распределенного искусственного интеллекта, агентное моделирование, цифровые двойники.

**Стефанович И.Д., Куприянов Д.О., Гадаев Е.М., Алексеев А.В., Москаленко В.А. Программный комплекс оценки технической готовности соединения кораблей.**

Представлены результаты разработки в среде Python программного комплекса автоматизированной оценки технической готовности соединения кораблей «ТГ-СК» на основе оценки для каждого корабля более 150 частных показателей качества выполнения мероприятий предподходовой подготовки и их контроля по пятибальной шкале с последующим их агрегированием в 25 групповых и сводный показатель качества корабля, а далее – в агрегированный показатель качества соединения кораблей. Показана возможность на качественно новом уровне решать сложную организационно-техническую задачу системной и практически объективной количественной оценки по регламентированной системе критериев состояния корабля, обоснования и оптимизации вариантов управленческих решений по подготовке как отдельного корабля, так и соединения кораблей в целом к выходу в море.

**Ключевые слова:** техническая готовность; соединение кораблей, агрегирование показателей; оптимизация решений.



**Таровик О.В., Топаж А.Г., Крестьянцев А.Б. Применение методов прямого проектирования судов как средства информационного обеспечения имитационных моделей морских транспортных систем.**

В докладе описывается возможность интеграции инструментов автоматизированного концептуального проектирования судов с имитационными моделями морских транспортных систем. Приводится описание специализированной проектной модели судна ледового плавания, созданной с применением концепции прямого проектирования и позволяющей моделировать судовую поверхность, строить схему общего расположения, описывать геометрию отсеков, оценивать ходкость, остойчивость и посадку проектируемого судна. Расчеты в проектной модели выполняются в автоматическом режиме. На основе натурных данных по существующим танкерам, газовозам СПГ и универсальным сухогрузам производится оценка точности прогнозирования параметров судов в созданных проектных моделях. На ряде практических примеров показано, что формирование входных данных имитационной модели в тесной интеграции с прикладными системами концептуального проектирования позволяет существенно повысить вариантность анализа МТС.

**Ключевые слова:** имитационная модель, цифровой двойник, жизненный цикл, концептуальное проектирование, аналитическая модель корпуса, остойчивость, схема общего расположения.

**Топаж А.Г., Таровик О.В., Егоров С.В. Стандартные компоненты и расширения для описания портовых операций в имитационных моделях морских транспортных систем.**

В статье представлены несколько специализированных решений, разработанных сотрудниками ООО «Бюро Гиперборей» для описания в имитационных моделях непрерывных грузовых операций над судами в портах. Модули «Буферное хранилище», «Хранилище с произвольным числом подключаемых стоков» и «Перевалочный комплекс» расширяют функционал стандартных компонентов из палитры процессных и потоковых диаграмм среды имитационного моделирования AnyLogic. Модуль «Планирование перевалки» позволяет интегрировать в имитационную модель процедуру оперативного планирования процесса назначения перевалочного комплекса для обработки приходящих судов. Перечисленные решения прошли апробацию в моделях реальных морских транспортных систем.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, перевалка, логистика, транспортные системы.

**Шонина Е.В. Компьютерное моделирование и оптимизация систем позиционирования плавучих заякоренных сооружений.**

Для освоения ресурсов Мирового океана активно используются плавучие морские заякоренные сооружения. Системы удержания плавучих объектов являются ответственными элементами конструкции, так как они обеспечивают безопасность дорогостоящих сооружений, длительное время работающих в условиях открытого моря. Выбор параметров системы заякорения приводит к многопараметрической задаче оптимизации. В данной работе представлен алгоритм оптимизации якорных связей и его практическое применение.

**Ключевые слова:** плавучие заякоренные сооружения, полупогружная платформа, якорная система удержания, многокритериальная оптимизация, режим выживания.

---

---

## ABSTRACT

**Alekseev A.V., Mikhailchuk A.V., Grachev V.N., Miklush S.V. Development technology, structure and implementation digital twin of typical object of informatization.**

In the development of situational management technologies, developers are increasingly focused on monitoring system indicators of the quality of functioning of complex technical systems and facilities, monitoring and forecasting the situation in order to support decision-making and robotization of situational management. In relation to the paradigm of digital twins based on the analysis of the value of information according to the criterion of A.A. Kharkevich and the implementation of the SPRU technology, a new definition, a typical structure and methodology, as well as an example of the implementation of a digital twin invariable to the specifics of informatization objects have been proposed.

**Keywords:** digital twin, value of information, definition, digital passport, system monitoring, optimization of solutions.

**Anciferov A.A., Dokuchaev Y.S., Berdnik P.G., Vakulina N.Y., Muravyova A.S. Development of virtual information space on the navigation bridge of the ship.**

The article presents the results of the research focused on the creation of information support systems for decision-making processes by the ship command staff using intelligent decision support systems. This creation is supposed to be implemented with the help of a complex of information models based on Augmented Reality technology. This approach will increase the validity and efficiency of decision-making by the ship command staff.

**Keywords:** DSS, information model, Augmented Reality.

**Bobrovich V.Yu., Alekseev A.V., Antipov V.V., Musatenko R.I., Smolnikov A.V. System management of design quality and survivability of marine facilities: theory of practice.**

In the context of the digitalization of the economy, scientific research technologies and design, the traditionally demanded and complex problem of innovation is the perfection of methods for modeling the management of quality and efficiency of the operation of ergatic systems. The results of systematization of the theory and practice of qualimetric management of marine equipment objects using the example of a fishing trawler using the KSPR software complex are presented, which allows optimizing complex organizational and technical solutions.

**Keywords:** synthetic qualimetry, competitive ability, system control, model quality.

**Grachev V.N. Methodological aspects of digital models buildup at the control systems design.**

The article discusses the experience of the JSC «NPF «Meridian» developers, concerning the methodology, principles, stages and methods of digital modeling, which nowadays is a mandatory stage to solve the engineering tasks to create operational serial equipment for marine technical facilities. Digital modeling makes it possible to avoid errors at the stages of setting up physical samples of control systems in terms of integration at controlling the joint usage of heterogeneous objects.

**Keywords:** spice model, electronic model, circuit modeling package, control system.

**Dolmatov M.A., Ryndin A.A., Devyatkov T.V. 3D visualization of simulation researches of shipbuilding operations based on BIM models.**

The article briefly presents the experience in using the results of BIM modeling in the creation of three-dimensional visualization to present the results of simulation modeling of the processes of functioning of shipbuilding industries.

**Keywords:** shipbuilding, enterprise, simulation model, visualization, simulation results, BIM-model, software.

**Dolmatov M.A., Fedotov M.V., According to the question of information support for predictive simulation methods in assessing the feasibility of shipbuilding plant production plans.**

The article briefly discusses the issue of implementing the information interaction of the AS «Sirius» 2.0 with one of the domestic CIS Global Marine, including a description of the proposed method and formats of data exchange

**Keywords:** shipbuilding, enterprise, simulation model, CIS, integration, interface.

**Dvoichenko Y.A., Kalinina N.V., Kurkin A.A. Screening effect of broken ice on waves propagation.**

The influence of broken ice on the parameters of the propagation of gravitational and ship waves is considered. The discrepancy between the use of the superposition principle and the real picture of the wave propagation process in the presence of broken ice on the water surface is shown in the article. The principle of superposition consists in the addition of independent components of the resistance of water and ice to the movement of the vessel, which is used in existing analytical calculations. A quantitative assessment of the effect of broken ice on the components of resistance to the movement of ships is given.

**Keywords:** broken ice, resistance of water and ice, ship waves, energy of waves propagation.

**Kalinov M.I., Rodionov V.A. Simulation modeling in the task of predicting the results of using a multi-satellite system for observing marine objects.**

A methodological approach is presented and the features of simulation modeling are shown when solving the problem of predicting the results of using a multi-satellite system for observing marine objects. The fact of different informativeness of different spacecraft of the orbital grouping is revealed and the expediency of excluding low-informative spacecraft from work when they fly over specific observation areas with an acceptable (insignificant) decrease in the expected results of the system application is shown.

**Keywords:** simulation modeling, forecasting, multi-satellite monitoring system for marine objects, orbital grouping, spacecraft, methodology, informativeness, activity.

**Kuztensov A.L., Semionov A.D. Assessment of container terminal parameters by queuing theory and simulation.**

The problem of estimation of parameters of container ports and terminals by official technological regulations is supposed to solve by analytical calculations. The underlying formulae were composed on the base of the experience of exploitations of ports collected in past century and do not reflect the change currently taken place. The demand to create Russian national container transportation system occurred due to walking away main container lines as a part of sanctions policy set a theoretical problem of development of new adequate and efficient techniques for port design to form a solid base for all-nation transportation system,

both maritime and mainland. The practical experience shows that without using the mathematical means of simulation it is impossible to solve this problem due to its complexity and economical risks. This paper deals with a tool that for several years already is used in design of national sea ports.

**Keywords:** container port, technological design, simulation.

**Lantsov K.B., Lantsov V.V., Martynova L.A. Simulation model for evaluating the effectiveness of a system for protecting a moving object from small-sized robotic systems.**

A simulation model of the functioning of the system for diversion from the route of one of the elements of the marine robotic system, a small-sized unmanned aircraft, has been developed. The simulation model includes modeling the movement of the protected object and the drone, its detection and removal from the route. An estimate of the influence of the drone speed and external conditions on the efficiency of its removal from a moving object is obtained. The results of the simulation allow you to choose the location of the detection tools and improve the algorithms.

**Keywords:** detection and diversion systems, unmanned aerial vehicle, detection probability, simulation.

**Lantsov K.B., Lantsov V.V., Martynova L.A. Simulation modeling of the occurrence of intense interference to determine the parameters of the detector of a small-sized robotic complex.**

To solve the problem of detecting a signal of a small-sized unmanned aircraft vehicle the background of intense interference, a simulator of the background radio frequency environment was developed, which includes the formation of constant and periodic signals at different frequencies, with different types of modulation and constellations. Simulators have been developed: the operation of the receiver and rotary antenna, the appearance of the drone and the signal of its radio modem, the movement of the drone and the corresponding change in the parameters of the signal of its modem. The adequacy of the model was verified by the results of a natural experiment.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, radio signal simulation, modem radio signal detection, signal modulation, signal constellation.

**Malikova T.E., Soloveva E.E. Simulation model for controlling loader actions at formation and unloading of the operational stack of a container terminal.**

A computerized control system for technological operations in the storage area of a container terminal based on the principles of a technological machine operation is proposed. The system operation algorithm is implemented by the Mealy automaton generating sequences of signals (codes) where each code symbol corresponds to some action of the reloader's operation cycle. By means of a sequence of coded symbols the function of controlling the actions of the loader during the selective search and picking up of the definite containers from the temporary storage stack is implemented. The transition function which establishes the dependence of the internal state of the automaton at the next moment of time on the input state and the internal state at the present moment of time is set by two diagrams of transitions allowing us to suppose the logic of the control object behavior in response to the control action of the system. The first diagram of transitions models the sequence of movements of the loader along the longitudinal rows of the stack, and the second diagram shows the sequential operations for picking up the target containers from the stack. The criteria for selecting the optimal coded sequence of control signals is the minimum possible number of loader movements along the longitudinal rows of the stack (distance criteria).

**Keywords:** terminal, production processes, operation cycle, cargo handling gear, technological automaton, container.

**Martynova L.A., Rozengauz M.B. Simulation modeling of the operation of the system for determining the location of a small-sized robotic complex.**

To prevent the unauthorized flight of a small-sized unmanned aerial vehicle over the sea area, an imitation of the operation of the system for determining its location by the difference-range method based on a signal emitted from its board was carried out. The simulation takes into account the loss of the signal, its reflection and attenuation. Estimates of the error in determining the difference in the moments of arrival of signals at the points of reception and the error in determining the location of the drone are obtained. The results of field tests confirmed the adequacy of simulation modeling.

**Keywords:** small-sized robotic complex, unmanned aerial vehicle, location determination, difference-range method, spatially separated receivers.

**Mikheev M.Y., Helal S. Harnessing big data for sustainable growth in Africa's maritime industry: opportunities and challenges.**

With an emphasis on the function of big data in encouraging sustainable growth, this research examines the prospects and difficulties facing Africa's expanding marine industry. The important segments of the business are examined in the research, including shipping, ports, and offshore oil and gas, and the potential for growth and development through the application of cutting-edge technology and Big Data analysis is examined. For the business to have sustainable growth, key issues including insufficient infrastructure, security issues, and restricted access to finance must be solved, according to the report. The report ends with policy suggestions for decision-makers and stakeholders to improve the competitiveness of the sector and support sustainable growth.

**Keywords:** Africa, maritime industry, economic development, security, environmental sustainability, global integration, Big Data.

**Miklush S.V., Alexandrov V.L., Alekseev A.V. The concept of development of a shipbuilding enterprise based on the integration of production processes according to the system quality criterion.**

In the development of shipbuilding enterprises, more and more attention is paid to the issues of monitoring, forecasting and digitalization of complex technological processes based on the assessment and analysis of quality system indicators, appropriate automation and intellectual support for managerial decision-making. In the development of this paradigm, a concept, a model and a software package implementing it for the integration of production processes for the construction of a ship order according to a system quality criterion based on a qualimetric analysis of complex structured processes with the formation of a data visualization interface with an assessment of private, group and system quality indicators are proposed. This makes it possible to improve the quality of production process management through digitalization, monitoring, forecasting and control of the success of the implementation of the order at the current time on the date of its delivery.

**Keywords:** digitalization of production, integration of technological processes, system quality criterion, monitoring of production processes.

**Nedostup A.A., Razhev A.O., Sergeev E.I. Numerical experiments in the hydrodynamics of netting structures.**

Mesh structures are widely used in industrial fishing gear and aquaculture cages to enclose or filter hydrobionts; they are rigid engineering structures. The article considers the use of a numerical method for determining the hydrodynamic characteristics of mesh structures using the software developed by the authors. Schematization of the mesh construction, mathematical model based on Navier-Stokes partial differential equations, computational domain, initial and boundary conditions are proposed. The calculation was carried out on a regular computational grid according to an implicit finite-difference scheme using the methods of coordinate-wise splitting, linearization of nonlinear equations with subsequent correction of nonlinear coefficients, and solution of the obtained tridiagonal systems by the sweep method. The results of numerical experiments are presented in the form of visualization of pressure on the surface of various mesh structures at various angles of attack.

**Keywords:** mesh structure, numerical experiment, hydrodynamics.

**Okhtilev M.Yu., Okhtilev P.A., Sokolov B.V., Yusupov R.M. Concepts and technologies of proactive life cycle control of complex technical objects at a shipbuilding enterprise.**

Currently, import substitution, integrated automation and intellectualization of their activities at all stages of the life cycle are becoming key factors in the development of modern enterprises. The report presents the results of the development of new intelligent technologies and software complexes for the collection, integration, interpretation, visualization of data and knowledge, implemented as a single domestic information and analytical platform for proactive management of complex objects housing and communal services. The results of the work performed are presented in the form of project documentation for information and analytical systems created and successfully functioning in various sectors of the economy of the Russian Federation and are confirmed by 15 patents of the Russian Federation for inventions, 10 certificates of registration of programs.

**Keywords:** complex object, life cycle, proactive control, cyber-physical systems and intelligent interfaces.

**Pavlov A.A., Bykova V.S. Simulation model for seabed inspection tools using OpenGL tools.**

The paper considers a simulation model of seabed inspection tools using the computing resources of a graphics processor based on the OpenGL specification, using the modular principle of forming a model of the seabed environment. The process of forming the initial data of the seabed environment model with elements of both natural and artificial origin is described. A general description of the modeling process for obtaining the results of the interaction of the seabed inspection tools with the seabed environment is given. In order to verify the correctness of the proposed approach, the results of modeling the operation of the side-scan sonar are presented. The results presented make it possible to judge the applicability of the approach outlined in the tasks of debugging object detection algorithms in the process of conducting research by an autonomous uninhabited underwater vehicle, as well as post-processing the received data, debugging algorithms for planning the joint use of seabed inspection tools (determining the parameters of their best joint functioning).

**Keywords:** seabed inspection tool, seabed environment, graphics processing unit, side-scan sonar.

**Plotnikov A.M., Dolmatov M.A., Devyatkov V.V. Issues of simulation (complex) modeling of shipbuilding productions.**

The article presents the experience of work in terms of complex and simulation modeling of shipbuilding industries. The main solutions for AS «Sirius» 2.0, designed to carry out simulation studies of shipyards and assess the feasibility of production shipbuilding programs, are outlined. The main functionality of the system and its key features are noted. The possibilities for 3D visualization of simulation results are described. Perspective directions of development of the system are indicated.

**Keywords:** automated system, visualization, simulation modeling, model, slipway capacity optimization, proactive control, shipbuilding industry..

**Sebin A.S., Blinov K.D., Dvoichenko Y.A. Investigation of the parameters of modeling the ice resistance of ships in a composite model of the ice cover.**

This paper shows the results of a study of the parameters of physical modeling of ship movement in level ice using a composite model of the ice cover composed of a single layer of spherical granules with a diameter of 20 mm. The principle of modeling the process of ice cover destruction based on the method of functional similarity is considered. The results of model tests of the icebreaker “Saint-Petersburg” class 21900 in composite ice are presented. Based on these data, as well as the results of static experiments on the destruction of laboratory ice, conclusions are drawn regarding the application of the considered modeling conditions.

**Keywords:** ice propulsion, physical modeling, composite model of ice, GP-ice, icebreaker, ice resistance, functional similarity.

**Serova E.G., Shklyayev D.O. Agent-oriented modeling in the management of logistics processes in the oil industry.**

Intelligent business transformation – one of the main directions of qualitative development within modern economy. The analysis of the problems associated with the progressing of the theory and practice of logistics, especially in the last decade, is carried out taking into account the application of a systems approach and modern intelligent systems, distributed artificial intelligence systems. As a result of the 4th industrial revolution technologies integration into the oil industry, such as artificial intelligence (AI), 5G, cloud computing, IoT, and the constant development of the eco-system of AI applications, it is going the evolving of the industry and expanding business opportunities for innovation. Resources such as oil and gas are associated with government regulation and life support of the population, so all the supply chain links must meet the requirements of effective management and ensuring a high level of competitiveness. Artificial intelligence is an important strategic technology that allows the oil industry to respond promptly to ongoing changes in logistics flows and efficiently manage them. One of the most effective ways to solve managerial problems of multifunctional logistics is application of methods and systems of modeling, first of all, multi-agent systems, belonging to the class of distributed artificial intelligence systems. Despite the abundance of researches on the theory and methodology application of different modeling approaches and systems in logistics, the most effective and correct ways of their application are constantly being searched. The article is devoted to the consideration of issues related to the application of simulation in the oil industry, in particular, agent-based modeling.

**Keywords:** management of logistics processes in the oil industry, distributed artificial intelligence systems, agent-based modeling, digital twins.

**Stefanovich I.D., Gadaev E.M., Kupriyanov D.O., Alekseev A.V., Moskalenko V.A. Software package for assessing the technical readiness of ship connections for going to sea.**

The results of the development in the Python environment of a software package for the automated assessment of the technical readiness of the TG-SK ship formation based on the assessment for each ship of more than 150 private indicators of the quality of the pre-launch preparation activities and their control on a five-point scale, followed by their aggregation into 25 group and a summary indicator of the quality of the ship, and then into an aggregated indicator of the quality of the connection of ships. The possibility is shown at a qualitatively new level to solve the complex organizational and technical problem of a systematic and practically objective quantitative assessment according to a regulated system of criteria for the state of the ship, substantiation and optimization of management decision options for the preparation of both a separate ship and a connection of ships in in general to the exit to the sea.

**Keywords:** technical readiness; ship connections; aggregation of indicators; optimization of solutions.

**Tarovik O.V., Topaj A.G., Krestyantsev A.B. Methods of direct vessel design as an information support tool for simulation models of marine transport systems.**

Paper describes the prospects of integrating computer-aided conceptual ship design approaches with simulation models of marine transport systems. The specialized design model of an ice-going vessel, developed using the concept of direct design is described. It allows modeling the ship's hull surface, generating the general arrangement, describing the internal geometry of cargo holds, evaluating the propulsion, stability and trim of the ship. On the basis of actual data on existing oil tankers, LNG carriers and general cargo ships, the accuracy of predicting vessel parameters in the developed design models was assessed. A number of practical examples show that the formation of the input data of the simulation model in close integration with the applied systems of conceptual design can significantly increase the variability of the analysis of the marine transport systems.

**Keywords:** simulation model, digital twin, life cycle, conceptual ship design, analytical hull model, stability, general layout.

**Topaj A.G., Tarovik O.V., Egorov S.V. Standard components and extensions for describing harbor operations in simulation models of maritime transportation systems.**

The article presents several specialized solutions developed by authors for describing continuous cargo operations on ships in ports. The modules «Buffer storage», «Storage with an arbitrary number of connected sinks» and «Transshipment complex» expand the functionality of standard components from the palettes of process and flow diagrams of the AnyLogic simulation environment. The «Transshipment planning» module allows integrating into the simulation model the procedure for operational planning of the process of assigning a transshipment complex for processing incoming ships. The listed solutions have been used and approved in various models of real maritime transport systems.

**Keywords:** simulation modeling, transshipment, logistics, transportation systems.



**Shonina E.V. Computer simulation and optimization for positioning systems of floating anchored structures.**

Floating offshore anchored structures are used for the development of the resources of the World Ocean. Mooring systems of floating structures are critical structural elements, as they ensure the safety of expensive structures that operate for a long time in the open sea. The choice of parameters for the mooring system leads to a multi-parameter optimization problem. This paper presents an optimization algorithm for anchor lines and its practical application.

**Keywords:** floating anchored structures, semi-submersible platform, mooring system, multi-objective optimization, survival mode.

**Zakharkin D.V. Russian Software for Virtual Prototyping in Industry.**

The report considers modern Russian software products for virtual prototyping in the industry using the VR Concept product as an example. It describes the main features and benefits of the domestic VR Concept software, as well as provides examples of its application in various industries. The use of virtual prototypes reduces the time and cost of designing and testing new products, as well as improving their quality and reliability. Particular attention is paid to the analysis of the prospects for the development of the virtual prototyping market in Russia.

**Keywords:** VR, virtual prototyping, Russian industry, VR Concept, mechanical engineering, VR technologies.

**Zakharov V.V., Sokolov B.V., Ushakov V.A. Special model-algorithmic support for the information processes planning in the interaction of the grouping of mobile marine objects.**

The report presents a solution to the problem of program management (planning) of information processes occurring during the interaction of a grouping of marine mobile objects. In general, information processes include the processes of receiving information about controlled objects by mobile objects, its preliminary and secondary processing, storage (if it is not possible to transfer it to end users), as well as the processes of transmitting and receiving information to end users. The purpose of solving the problem under consideration is to increase the efficiency and quality of control of these information processes in the interests of ensuring timely and informed decision-making on the condition of controlled objects. The report provides a general formal statement of the problem under study, its decomposition and solution using combined models and algorithms based on the theory of optimal control and operations research. An example of the solution of the problem under consideration is given.

**Keywords:** mobile marine objects, information processes, static and dynamic models, decomposition and coordination.