

Вынгра А.В.

## АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИНТЕРГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

**Аннотация.** Ввиду увеличения количества и мощности потребителей электроэнергии, а также развития отрасли электроснабжения в области интеллектуальных сетей все большее внимание уделяется обеспечению требуемых показателей качества электроэнергии и электромагнитной совместимости как в промышленных, так и бытовых сетях. В работе рассматриваются нормирование показателей качества электроэнергии и составление алгоритмов определения параметров искажения тока и напряжения для обеспечения дальнейшего их подавления. Произведён анализ существующих методов выявления гармоник в сети, предложен авторский алгоритм определения частного случая гармоник – интергармонических составляющих. На основании алгоритма разработана и представлена программа для ПК, позволяющая оператору оценивать уровень интергармонических составляющих тока и напряжения, полученных с цифрового осциллографа. Предложенное программное обеспечение и алгоритмы могут выступать основой программного обеспечения активных фильтров, применяющихся для подавления интергармонического искажения.

**Ключевые слова:** интергармонические составляющие, программное обеспечение, активный фильтр

Голиков С.П., Сметюх Н.П., Повалей Н.С.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОКЧЕЙНА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**Аннотация.** В данной работе рассмотрено внедрение новых интеллектуальных сетей электроснабжения. Приведены их примеры, выявлены преимущества и недостатки. Для решения основных проблем, связанных с работой и надежностью интеллектуальных сетей, была использована технология блокчейн, которая имеет ряд преимуществ в использовании. В ходе исследования также рассмотрена концепция нескольких блокчейн-платформ вместо одной, что обеспечит высокую модульность системы и упростит отслеживание данных. Данная технология поможет обеспечить потребность в электроэнергии для каждого конечного пользователя на основе реальной информации о потреблении и генерации электроэнергии близлежащих участников объединённого электрорынка. Показано ценообразование единицы электроэнергии на основе распределённой сети электроснабжения, содержавшие возобновляемые источники электроэнергии. Приведены ограничения в современных интеллектуальных сетях. Необходимая информация для управления энергосистемой на основе блокчейна может быть относительно легко получена с помощью нейронных сетей на основе большого объема статистических данных по производству и потреблению электроэнергии.

**Ключевые слова:** интеллектуальных сетей электроснабжения, блокчейн, твердотельный трансформатор, распределенные цепи, альтернативные источники электроэнергии.

Клименко Н.П., Брицкий В.О., Шишик С.А.

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ В КОМБИНИРОВАННЫХ РЕЖИМАХ

**Аннотация.** В статье приведена методика последовательного накопления информации о технологических факторах и их влиянии на ресурс однотипных объектов, а также построение соответствующих математических моделей, которые позволяют ограничить задачу ускоренных испытаний оценкой влияния на долговечность только тех конструктивных и технологических особенностей объекта, которые отличают его от аналогов-предшественников. Такой подход позволяет уменьшить степень случайности (рассеивание) результатов испытаний и за счет контроля технологических параметров у испытываемых образцов обойтись значительно меньшим объемом испытаний. При проведении испытаний нового объекта и его аналога каждая пара образцов испытывается при определенном значении форсирующего параметра. Форсирующий параметр при испытаниях варьируется на нескольких уровнях. Диапазон этих изменений позволяет обеспечивать физическое подобие потери работоспособности на стенде и в реальных условиях. Результатом таких многоуровневых испытаний являются попарно соответствующие друг другу (по режиму нагружения) средние наработки до отказа новых объектов и аналогов.

**Ключевые слова:** надежность, судовые технические средства, прогнозирование надежности, распределение вероятностей, комбинированный режим испытания.

Конюков В.Л.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРУЕМОГО СОПЛОВОГО АППАРАТА ТУРБОКОМПРЕССОРА СУДОВОГО ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ УТЯЖЕЛЕНИИ ВИНТОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы улучшения эксплуатационных параметров судового четырехтактного дизеля при изменении условий плавания, которые сопровождаются переходом на новый вид винтовых характеристик. С этой целью предлагается использовать регулируемый сопловой аппарат турбонаддувочного агрегата, диапазон изменения угла поворота лопаток которого ограничен условиями механической напряженности цилиндропоршневой группы и качеством продувки цилиндров. Выполнено сравнение полученных эксплуатационных характеристик с результатами ранее проведенных исследований исходного варианта (без использования регулируемого соплового аппарата) для принятого диапазона коэффициента утяжеления винтовой характеристики. Исследования показали, что эффективность регулируемого соплового аппарата увеличивается с понижением относительной мощности дизеля для всего исследованного диапазона коэффициента утяжеления винтовой характеристики. что воздействие на параметры турбокомпрессора поворотом лопаток РСА позволяет существенно улучшить ряд основных эксплуатационных параметров дизеля на режимах долевых нагрузок. При этом, прежде всего, снижается удельный эффективный расход топлива, повышается коэффициент избытка воздуха при сгорании топлива, уменьшается температура газа по циклу, понижаются показатели тепловой напряженности цилиндропоршневой группы. Однако при этом, увеличивается максимальное давление цикла, что свидетельствует о некотором повышении механической напряженности.

**Ключевые слова:** дизель, регулируемый сопловой аппарат, турбокомпрессор, эксплуатационные параметры, винтовая характеристика, коэффициент утяжеления, тепловая и механическая напряженность.

Попов В.В., Ивановская А.В.

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА СУДОВОГО ГРУЗОПОДЪЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Аннотация.** В работе исследуются судовые палубные грузоподъемные устройства. Для повышения надежности траловой лебедки рыбопромыслового судна была выбрана адаптивная система управления с обратной связью. С помощью адаптивной системы обратной связи по давлению нагрузки можно согласовывать давление и объемный расход в соответствии с требованиями потребителя. Неотъемлемым этапом создания новых конструкций гидравлических приводов судовых грузоподъемных устройств с устройством управления являются экспериментальные исследования, позволяющие определить рабочие характеристики указанных приводов и управляющих устройств при изменении их параметров. Приведены цели экспериментальных исследований, рассмотрены задачи, подлежащие решению, в соответствии с поставленной целью, разработана методика проведения экспериментальных исследований гидравлического привода судовой лебедки, приведена принципиальная схема экспериментального стенда. Данная установка может использоваться при исследовании адаптивных гидравлических приводов, работающих в особых условиях.

**Ключевые слова.** изменение нагружения, гидравлический привод, судовые палубные грузоподъемные устройства, системы адаптивного управления, гидросистема, управляющее устройство

Конюков В.Л., Горбенко А.Н.

## **СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ПОДАЧИ ТОПЛИВА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Аннотация.** В работе выполнен сравнительный анализ основных эксплуатационных параметров судового четырехтактного дизеля при его эксплуатации по винтовой и нагрузочной характеристикам в зависимости от угла опережения подачи топлива. В отличие от нагрузочной характеристики работа дизеля по винтовой характеристике сопровождается снижением частоты вращения при уменьшении мощности, что приводит к увеличению продолжительности цикла. При этом меняется соотношение продолжительности процесса горения цикловой подачи топлива и продолжительности рабочего цикла. В свою очередь, изменение угла опережения подачи топлива меняет параметры воздуха в момент впрыска топлива в цилиндр, что также отражается на скорости его сгорания. Приведенные факторы изменяют характеристики цикла и влияют на показатели экономичности и надежности дизеля. Исследования выполнены расчетно-теоретическим методом, получены количественные и качественные зависимости эксплуатационных параметров от угла опережения подачи топлива для винтовой и нагрузочной характеристик, дана их сравнительная оценка, определены режимы наиболее чувствительные к изменению угла опережения подачи топлива.

**Ключевые слова:** дизель, эксплуатационные параметры, угол опережения подачи топлива, винтовая характеристика, нагрузочная характеристика, тепловая и механическая напряженность.

Шаратов А.С.

## **ОЦЕНКА МОМЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЯ ГЛАВНОЙ ВИНТО-РУЛЕВОЙ КОЛОНКИ МАНЕВРИРУЮЩЕГО СУДНА ПРИ СТРУЙНОЙ ПОДАЧЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ НА ЗАСАСЫВАЮЩУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ЛОПАСТЕЙ**

**Аннотация.** Условия обтекания главной винто-рулевой колонки маневрирующего судна формируются под влиянием косога набегания потока. Ухудшение условий работы гребного винта, наблюдающиеся при повороте главной винто-рулевой колонки, приводит к значительному возрастанию механической напряженности элементов главной энергетической установки. В работе выполнен анализ условий обтекания элементов винто-рулевой колонки судна. Выполнено численное моделирование и расчетное определение гидродинамических характеристик гребного винта при косом набегании потока, при малых и значительных углах поворота винто-рулевой колонки, с оценкой параметров дополнительно подаваемой воды. Снижение влияния неравномерности косога потока на винт, и как следствие, снижение амплитуды момента сопротивления гребного винта способствует ограничению возможной перегрузки главного двигателя по механической напряженности.

**Ключевые слова.** судовой гидромеханический комплекс, главная винто-рулевая колонка, главный двигатель, винтовая характеристика, маневр, система управления пограничным слоем, гидродинамические характеристики гребного винта, момент сопротивления гребного винта

Святский В.В.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ПОДКИЛЬЕВОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ СУДНОМ СТЕСНЕННЫХ АКВАТОРИЙ**

**Аннотация.** Данная работа направлена на разработку автоматизированной системы для расчета запаса глубины по килем (УКС) при прохождении судном стесненных акваторий, на основе современных методов и положений компаний, занимающихся морскими перевозками. Смоделирован расчет для прохода Керчь-Еникальского канала, на основе существующих и хорошо зарекомендовавших методов расчета УКС разработана программа, которая позволила автоматизировать весь процесс оценки УКС, что приведет к сокращению влияния человеческого фактора на эти расчеты. Эта система не только сократит время, затрачиваемое на расчеты, но и повысит точность и надежность получаемых результатов. Автоматизация процесса оценки УКС упростит и ускорит процесс принятия решений капитаном по обеспечению безопасности судоходства и предотвращению потенциальных аварийных ситуаций при прохождении судном стесненных акваторий.

**Ключевые слова:** навигация, навигационная безопасность, запас глубины под килем

Авдеев Б.А.

## ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Аннотация.** Твердотельные трансформаторы являются инновационным решением в области электроэнергетики, предлагая ряд преимуществ по сравнению с традиционными низкочастотными трансформаторами. Рассмотрены особенности и потенциал применения твердотельных трансформаторов в судовых электроэнергетических системах, а также представлен сравнительный анализ с традиционными низкочастотными трансформаторами. Исследование показывает, что твердотельные трансформаторы могут значительно повысить эффективность, надежность и компактность судовых электроэнергетических систем, что делает их обещающим решением для малогабаритного и прибрежного морского транспорта. В статье приведены принципиальные однолинейные схемы применения твердотельных трансформаторов в схемах генерирования и распределению электроэнергии на судах. Особое внимание уделяется применению систем постоянного тока, которые позволяют раскрыться потенциалу силовой преобразовательной техники в области надежности, экономичности и компактности. Также внимание уделяется интегрированию гребного электропривода в судовую электростанцию и эффективность применения нескольких шин постоянного тока с высоким и средним напряжением для более экономичной работы судовых электроприемников.

**Ключевые слова:** твердотельный трансформатор, постоянный ток, судовая электростанция, синхронный генератор, ГРЩ, гребной электродвигатель.

Кривцов К. А., Жуков В.А.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ БУКСИРА ПРОЕКТА 90600

**Аннотация.** В статье описана модернизированная система охлаждения вспомогательного двигателя буксира проекта 90600. Целью модернизации является повышение надежности охлаждения судовых двигателей при эксплуатации в ледовых условиях. В процессе модернизации разомкнутый забортный контур заменен замкнутым контуром, который включает кормовую балластную цистерну, используемую в качестве обшивочного теплообменного аппарата. Приведено описание конструктивных изменений системы. Модернизированная система охлаждения прошла эксплуатационные испытания. Проведенные теоретические исследования и последующая эксплуатация судна с модернизированной системой охлаждения подтвердили работоспособность и эффективность предложенного типа замкнутой системы охлаждения. Последующие исследования необходимо направить на оценку возможности расширения использования таких систем на судах других проектов, разработку методов обеспечения эффективного теплоотвода от жидкости через обшивку судна и создание систем автоматического регулирования температуры жидкости в замкнутом контуре при изменении условий эксплуатации.

**Ключевые слова:** судовые дизели, системы охлаждения, модернизация, замкнутый контур, балластная цистерна.

Ивановская А.В.  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРОСОВОЙ ЧАСТИ ЛЕБЕДКИ МЕТОДОМ ЭЙЛЕРА-  
БЕРНУЛЛИ**

**Аннотация:** В работе представлен один из методов моделирования одного из компонентов исследуемой системы – троса. Особенностью метода является представление троса в гибкой нити, состоящей из конечного числа элементов, которые рассмотрены недеформируемыми. Поэтому для их описания за основу взято уравнение Эйлера-Бернулли. Для описания динамики движения элементов основные составляющие в модели являются векторными величинами. Полученная математическая модель позволит впоследствии спроектировать грузоподъемное оборудование судна с повышенным уровнем надежности. Особенностью работы подобного рода оборудования является нестационарность процессов, которые имеют место даже в переходных режимах. Для снижения факторов риска отказа грузоподъемных устройств следует предусмотреть возможные нагрузки, что невозможно без разработки адекватных математических моделей, создание которых является одним из этапов проектирования адаптивной системы управления.

**Ключевые слова:** грузоподъемное оборудование, рыбопромысловое судно, нестационарные процессы, надежность, обобщенные координаты, метод Эйлера-Бернулли

Конюков В.Л., Горбенко А.Н.  
**ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ  
ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛИРУЕМОГО  
СОПЛОВОГО АППАРАТА ТУРБОКОМПРЕССОРА**

**Аннотация.** В работе приведены результаты расчетно-теоретических исследований влияния угла начала подачи топлива на эксплуатационные параметры четырехтактного дизеля, работающего по нагрузочной характеристике при непосредственном воздействии на расход наддувочного воздуха путем поворота лопаток регулируемого соплового аппарата турбины турбокомпрессора. Исследования проведены для широкого диапазона нагрузок дизеля, при которых угол опережения подачи топлива изменялся от -8 град. до -28 град. до ВМТ. Поворот лопаток выполнялся в сторону уменьшения угла их установки и ограничивался одним из двух факторов: либо давлением сгорания, либо минимальной степенью понижения давления при продувке цилиндров. Увеличение коэффициента избытка воздуха для сгорания топлива при таком повороте лопаток вызвало снижение уровня температур рабочего тела в цилиндре в процессе работы и, как следствие, понижение теплонапряженности дизеля.

Управление положением лопаток регулируемого соплового аппарата турбины турбокомпрессора позволяет снизить удельный эффективный расход топлива дизеля в широком диапазоне нагрузок. При этом угол начала подачи топлива, соответствующий минимальному удельному расходу топлива, смещается в зону его больших абсолютных значений. На основании анализа экономичности дизеля и его механической напряженности приведены рекомендации по настройке системы автоматического регулирования подачи топлива.

**Ключевые слова:** дизель, угол опережения подачи топлива, регулируемый сопловой аппарат, турбокомпрессор, эксплуатационные параметры, нагрузочная характеристика, тепловая и механическая напряженность.

Халявкин А.А., Ивановская А.В., Симагина В.Б.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГИБА ГРЕБНОГО ВАЛА С УЧЕТОМ НЕПОЛНОГО КОНТАКТА С КОРМОВЫМ ДЕЙДВУДНЫМ ПОДШИПНИКОМ

**Аннотация.** В работе исследуется контакт гребного вала валопровода с кормовым дейдвудным подшипником. Описана конструктивная особенность самого валопровода. Указаны действующие нагрузки на судовую энергетическую установку судна. Представлен общий вид трещин промежуточного и гребного валов от крутильных и поперечных колебаний. Указывается, что надёжность судовой энергетической установки характеризуется рабочим состоянием дейдвудного устройства. Рассматривается расчетная схема балки, которая опирается на упругое основание с коэффициентом жесткости  $k$  и нагруженной распределенной нагрузкой от собственного веса гребного вала и сосредоточенной нагрузкой от гребного винта. Проводимые статические расчеты позволили оценить влияние не полного контакта гребного вала с дейдвудным подшипником и податливость самого дейдвудного подшипника на значение собственной часто поперечных колебаний.

**Ключевые слова:** судовой валопровод, гребной вал, дейдвудное устройство, дейдвудный подшипник, упругое основание, коэффициент жесткости.

Ивановский Н.В.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОРПУСНЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ ВИХРЕВОЙ ПРИРОДЫ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО СУДНА

**Аннотация.** Математическое моделирование динамики движения морского судна сталкивается с рядом проблем. Как известно, морское судно движется в двух средах: водной и воздушной. При описании движения судна в воздушной среде мы имеем сложности определения площади парусности судна в зависимости от ориентации корпуса судна на ветер. Плюс, в процессе эксплуатации площадь парусности не является константой. Описание процесса движения судна в водной среде сталкивается с экспериментальным определением большого числа параметров. Очевидно, что для определения коэффициентов гидродинамического и аэродинамического сопротивления необходимо проведения большого количества экспериментов. За продолжительный период исследований, была накоплена большая база экспериментальных данных по определению различного рода параметров морского судна. Были получены аналитические выражения для расчета параметров модели судна. На данный момент они активно используются, но с учетом развития вычислительных средств, появилась возможность более точно оценить эти параметры и получить соответствующие аналитические выражения, описывающие параметры модели судна. В данной работе предложен один из возможных подходов решения данной задачи. В результате, предложенный метод позволил уменьшить ошибку вычислений на 5%, что является существенным, так как подобного рода параметров в базовой модели судна около 170.

**Ключевые слова:** модель судна, гидродинамические силы, аэродинамические силы, рыбопромысловое судно, обработка результатов, математическая модель.