

Департамент судостроительной промышленности  
и морской техники

Открытое акционерное общество  
«Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора»

# СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Выпуск 21

Санкт-Петербург  
2010

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЛЕЙ И ОБЪЕКТОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Волобуев В. Н., Гаврилов А. Ф., Дымент А. Б., Полищук П. В.** Основные принципы формирования структурного облика и организации функционирования корабельных интегрированных систем боевого управления

**Нахимова О. Я., Шилов Ю. К.** О синхронизации генераторов корабельных электростанций

**Смоленков А. М., Райнин В. Е., Ясаков Г. С.** Повышение пожаробезопасности и надежности функционирования электроэнергетических установок кораблей путем совершенствования защитных характеристик автоматических выключателей

**Берденников А. А.** Упрощенные алгоритмы формирования сигнала производной регулируемого параметра

**Галла Е. М., Зоммер Г. В.** Исследование работы турбонасоса с неустойчивой напорной характеристикой в контуре регулирования расхода питательной воды

**Болховитинов В. К., Болисов А. А.** Процессы управляемого движения взаимодействующих судов технологического флота

**Болховитинов В. К.** Динамика процессов позиционирования заякоренного бурового судна

## **АППАРАТУРНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ**

**Трубицын П. А., Шумаков М. Л.** Централизованное управление в SCADA системах с резервированием

**Ремизов А. О., Шалыто А. А.** Верификация автоматных программ на основе метода *Model Checking*

**Окунцов С. В., Файкин Г. М.** Математическое моделирование реакторной паропроизводящей установки для исследования и стендовых испытаний систем управления

**Борисов Д. А., Василенко В. С., Тотьменинов Л. В.** Вопросы повышения качества отладки программного обеспечения систем управления корабельных ЯЭУ

**Ермолаев Д. Е., Линьков С. И., Савин В. П.** Использование математической модели для вычисления скорости изменения температуры теплоносителя в аппаратуре СУЗ для повышения качества управления судовой реакторной установкой

**Берденников А. А., Ушаков С. И.** Имитационная модель электрогидравлического следящего привода повышенной точности

**Москаленко Г. М.** Теплофизическая модель радиатора

**Пахоменков Ю. М.** О структуре измерительного канала напряжения аккумуляторной батареи

## **ТРЕНАЖЕРЫ**

**Блинов С. В., Киселев В. В., Сус Г. Н.** Бортовой тренажерный комплекс, встроенный в систему управления техническими средствами ПЛ

## **CALS-ТЕХНОЛОГИИ**

**Боброва И. Л., Рожнов В. И.** Каталогизация в системе информационной поддержки изделий государственной поставки

## **ИСПЫТАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ**

**Васильев В. С., Губанов Ю. А.** Методы и средства имитации отклонений параметров качества питающей сети при проверке функционирования систем управления на стенде предприятия-изготовителя (часть 2)

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ**

**Лушина М. В., Паршин С. Г., Ржевский А. А.** Альтернативные технологии анти-коррозионной защиты алюминиевых сплавов

**Паршин С. Г., Соцков В. В.** Полуавтоматическая сварка конструкций из алюминиево-магниевого сплава с введением ультрадисперсных частиц активирующих флюсов

УДК 629.5.051:523.827

**Ключевые слова:** интегрированная система боевого управления, структурный облик, построение, организация, функционирование

**Основные принципы формирования структурного облика и организации функционирования корабельных интегрированных систем боевого управления.** Волобуев В. Н., Гаврилов А. Ф., Дымент А. Б., Полищук П. В. // Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С.3–12.

В статье рассмотрены концептуальные и теоретические аспекты обоснования структурного облика корабельных интегрированных систем боевого управления нового поколения, приведены основные принципы их построения и организации функционирования.

УДК 629.12.681.518

**Ключевые слова:** электроэнергетическая система корабля, генератор, синхронизация

**О синхронизации генераторов корабельных электростанций.** Нахимова О. Я., Шилов Ю. К. // Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 13–23.

Рассмотрены вопросы синхронизации генераторов электроэнергетической системы корабля, в том числе требования к условиям включения генераторов на параллельную работу, а также теоретические и экспериментальные исследования электромагнитных переходных процессов при нарушении указанных требований.

УДК 629.5.052.621.31-192

**Ключевые слова:** автоматические выключатели, судовые, электроэнергетические установки, селективная защита, токи короткого замыкания, живучесть, пожаробезопасность, чувствительность и быстродействие электрической защиты.

**Повышение пожаробезопасности и надежности функционирования электроэнергетических установок кораблей путем совершенствования защитных характеристик автоматических выключателей.** Смоленков А. М., Райнин В. Е., Ясаков Г. С. // Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 24–34.

Рассмотрены предложения по совершенствованию защитных характеристик корабельных автоматических выключателей, увеличению быстродействия селективной защиты, повышению надежности отключения токов короткого замыкания за счет режима «дальнего» резервирования. Обосновано применение «силовой» функции тока для раннего распознавания режима короткого замыкания. Показано, что использование новых дополнительных критериев оценки аварийной ситуации для повышения быстродействия защиты стало возможным за счет применения микропроцессорной техники в расцепителях корабельных автоматических выключателей.

УДК 629.12.03

**Ключевые слова:** алгоритм, производная, регулируемый параметр, наведенная помеха, массив данных

**Упрощенные алгоритмы формирования сигнала производной регулируемого параметра.** Берденников А. А. // Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 35–38.

Рассмотрены упрощенные алгоритмы формирования сигнала производной в условиях наведенных помех, не требующие для своей реализации значительных вычислительных ресурсов. Алгоритмы обеспечивают различное качество формирования сигнала производной, зависящее от интенсивности наведенных помех, формы дифференцируемого сигнала и регулируемого выбором значений настроечных параметров.

УДК 621.675

**Ключевые слова:** турбопитательный насос, неустойчивые напорные характеристики, схемы регулирования расхода питательной воды

**Исследование работы турбонасоса с неустойчивой напорной характеристикой в контуре регулирования расхода питательной воды.** Галла Е. М., Зоммер Г. В. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 39–50.

Рассмотрены вопросы работы турбопитательных насосов с неустойчивой напорной характеристикой в контуре регулирования расхода питательной воды.

Предложена схема регулирования расхода ПВ. Дана математическая модель объекта регулирования. Выполнены динамические расчеты работы регулятора ПВ.

УДК 629.12.06

**Ключевые слова:** координированное взаимодействие, трубопровод, подводная трубоукладка, траектория судна, натяжитель, ЛСУ стингера, АСУ ТП, СКМ, добычные комплексы нефти и газа, якорь

**Процессы управляемого движения взаимодействующих судов технологического флота.** Болховитинов В. К., Болисов А. А. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 51–61.

В статье анализируются процессы взаимодействия судов технологического флота при ведении подводно-технических работ при обустройстве и эксплуатации буровых платформ, нефтяных терминалов, добычных комплексов на морских месторождениях нефти и газа. Рассматриваются особенности управляемого движения трубоукладочного судна в процессе укладки трубопровода в подводную траншею.

УДК 629.112 (088.8)

**Ключевые слова:** буровое судно, подводная скважина, якорная система позиционирования, ветроволновые возмущения, тросовые линии, завозка, покладка якорей, ЯСП, ДРК, колебательный процесс

**Динамика процессов позиционирования заякоренного бурового судна.** Болховитинов В. К. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 62–79.

Рассматривается поведение заякоренного бурового судна (БС) как объекта управления с якорной системой позиционирования (ЯСП) в виде «традиционной» и модифицированной схем развертывания якорных тросовых линий в точках покладки якорей с заданными координатами. Представлены результаты исследований собственного и вынужденного движения БС при управлениях ЯСП и использовании активных технических средств — движительно-рулевых колонок (ДРК).

УДК 629.12. 681.518

**Ключевые слова:** пульт управления, резервные каналы, передача прав, алгоритм приема, задержка сигналов

**Централизованное управление в SCADA системах с резервированием.** Трубицын П. А., Шумаков М. Л. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 80–83.

Рассматриваются алгоритмы получения прав управления с пультов SCADA систем (ПУ), восстановления прав управления при отказах ведущего ПУ, передача прав управления дублирующим ПУ. Сравняются способы автовыбора каналов связи SCADA и возможность параллельной передачи с программным автовыбором. Показана актуальность структурного анализа и влияние реализации программ на надежность алгоритмов управления.

УДК 004.4242

**Ключевые слова:** метод *Model Checking*, верификация программ, автоматные модели, ПО

**Верификация автоматных программ на основе метода *Model Checking*.** Ремизов А. О., Шалыто А. А. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 84–94.

В работе перечислены методы верификации программного обеспечения и показано, что для автоматных программ уровень автоматизации процесса верификации существенно выше, чем для программ, написанных традиционным способом, так как при автоматном подходе первичной является модель поведения программы, а при верификации традиционных программ модель строится по уже готовой программе, что обычно составляет проблему.

УДК 621.039.578;629.5

**Ключевые слова:** математическое описание, реакторная паропроизводящая установка, скорость передачи тепла, распределенность параметров, линейная математическая модель, передаточная функция

**Математическое моделирование реакторной паропроизводящей установки для исследования и стендовых испытаний систем управления.** Окунцов С. В., Файкин Г. М. //Системы управления и обработки информации: научн. техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора». СПб., 2010. Вып. 21. С. 95–103.

В статье рассматривается методика и приемы преобразования исходного математического описания физического процесса теплообмена в каналах реакторной паропроизводящей установки, который вытекает из первого и второго законов термодинамики.

В отличие от существующих методов и приемов преобразования исходного математического описания процесса в реакторной паропроизводящей установке в статье предлагается методика, позволяющая учитывать не только конечную скорость передачи тепла от теплоносителя к элементам конструкции установки, но и распределенность параметров по пространственным координатам.

УДК 621.039.578

**Ключевые слова:** тестирование, отладка, программное обеспечение, ядерная энергетическая установка

**Вопросы повышения качества отладки программного обеспечения систем управления корабельных ЯЭУ.** Борисов Д. А., Василенко В. С., Тотьменинов Л. В. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 104–110.

В статье рассмотрены особенности технологии отладки программного обеспечения (ПО) систем управления ЯЭУ на различных этапах ее жизненного цикла. Показана целесообразность создания специализированного отладочного комплекса для тестирования и отладки ПО.

УДК 621.039

**Ключевые слова:** системы управления и защиты судовых ядерных реакторов, скорость изменения температуры теплоносителя, алгоритмы управления, термоциклических напряжений в соединительных трубопроводах, математическая модель теплообмена в активной зоне, уравнение аккумуляции тепла в каналах активной зоны в «точечном» приближении

**Использование математической модели для вычисления скорости изменения температуры теплоносителя в аппаратуре СУЗ для повышения качества управления судовой реакторной установкой.** Ермолаев Д. Е., Линьков С. И., Савин В. П. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 111–114.

В существующих системах управления и защиты судовых ядерных реакторов сигнал скорости изменения температуры используется для контроля изменения температуры теплоносителя и в регуляторах оконечных режимов. Сигналы скорости изменения температуры теплоносителя на выходе из активной зоны формируются путем дифференцирования сигналов температуры, получаемых с помощью термодатчиков, которые установлены в камере реактора над активной зоной.

В последнее время в технические задания на разработку систем управления и защиты судовых реакторов стали включать рекомендации по использованию сигнала скорости изменения температуры теплоносителя первого контура также в алгоритмах энергетического режима. Таким способом решается задача снижения величины

термоциклических напряжений в соединительных трубопроводах, что должно повысить ресурс основного оборудования реакторной установки. Однако транспортное запаздывание между температурой теплоносителя на выходе из активной зоны и камерой реактора над активной зоной делает неэффективным сигналы скорости изменения температуры теплоносителя.

В данной работе предлагается вычислять скорость изменения температуры теплоносителя на выходе из активной зоны с использованием математической модели теплообмена в активной зоне и формируемых в аппаратуре СУЗ сигналов измеренной мощности реактора и температуры теплоносителя на входе в активную зону.

УДК 629.5.018.26:629.5.06

**Ключевые слова:** имитационная модель, экспериментальные характеристики, точность моделирования управляющий импульс, коррекция, следящий привод

**Имитационная модель электрогидравлического следящего привода повышенной точности.** Берденников А. А., Ушаков С. И. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 115–123.

Разработана имитационная модель электрогидравлического следящего привода, обеспечивающая повышенную точность моделирования за счет использования экспериментальных данных по статическим и динамическим характеристикам привода.

УДК 629.5.004

**Ключевые слова:** радиатор, локальный источник тепла, конвекция

**Теплофизическая модель радиатора.** Москаленко Г. М. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 124–128.

Проведено численное моделирование работы радиатора, предназначенного для обеспечения теплового режима модулей АБП. Получено распределение температуры на радиаторе, хорошо согласующееся с опытными данными. Результаты моделирования учтены при компоновке тепловыделяющих элементов на поверхности радиатора. Достигнуто снижение температуры тепловыделяющих элементов, эквивалентное 25%-му увеличению габаритов радиатора.

УДК 621.317.321

**Ключевые слова:** измерительные преобразователи, средства измерения, погрешность

**О структуре измерительного канала напряжения аккумуляторной батареи.** Пахоменков Ю. М. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 129–133.

Рассмотрены вопросы повышения точности измерения напряжений химических источников тока. Описана структура измерительного канала. Выполнен сравнительный анализ погрешностей измерительных каналов, построенных в соответствии с альтернативными структурами.

УДК 681.518

**Ключевые слова:** тренажер бортовой, обучение работе по назначению, поиск неисправности

**Бортовой тренажерный комплекс, встроенный в систему управления техническими средствами ПЛ.** Блинов С. В., Киселев В. В., Сус Г. Н. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 134–138.

В статье рассматриваются предпосылки интеграции в единой программно-аппаратной среде системы управления техническими средствами бортового тренажера, обеспечивающего обучение личного состава навыкам работы по назначению, а также навыкам по поиску неисправностей в аппаратуре. Оцениваются возможность получения преимуществ такой интеграции по сравнению с береговыми тренажерами.

УДК 629.5.06-025.3

**Ключевые слова:** федеральный каталог продукции для государственных нужд, каталогизация, каталожное описание, стандартный формат описания, система каталогизации НАТО

**Каталогизация в системе информационной поддержки изделий государственной поставки,** Боброва И. Л., Рожнов В. И. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 139–143.

Статья посвящена двум подходам к процедуре каталогизации изделий государственной поставки.

Первый подход основан на использовании стандартных форматов описаний (СФО) предметов снабжения (ПС) и ориентирован, в первую очередь, на каталогизацию «финальных» изделий (СУ ТС, ЛСУ).

Второй подход реализует метод последовательных итераций для выполнения процедуры классификации, идентификации и кодификации ПС и ориентирован на каталогизацию ЗИП экспортируемой продукции военного назначения на основе стандартов системы каталогизации НАТО.

УДК 621.317:629.12 083.72

**Ключевые слова:** качество питающей сети, имитация, отклонение, функционирование, система управления, стенд

**Методы и средства имитации отклонений параметров качества питающей сети при проверке функционирования систем управления на стенде предприятия-изготовителя.** Василюв В. С., Губанов Ю. А. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб., 2010. Вып. 21. С. 144–161.

Приведены показатели качества электрической энергии, теоретические и нормативно-технические основы, небаланс напряжений, искажение синусоидальности кривой напряжения переменного тока, амплитудная низкочастотная модуляция питающей сети.

УДК 669.715

**Ключевые слова:** технология антикоррозионной защиты алюминиевых сплавов, конверсионный слой, хромирование, замена шестивалентных хроматных растворов

**Альтернативные технологии антикоррозионной защиты алюминиевых сплавов.** Лушина М. В., Паршин С. Г., Ржевский А. А. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 162–169.

Рассмотрены последние разработки в области технологии антикоррозионной защиты алюминиевых сплавов. Предпринята попытка освещения технологических и экологических аспектов перехода на новую технологию химического оксидирования в растворах трехвалентного хрома.

УДК 621.791.75

**Ключевые слова:** сварочное производство, дуговая сварка, алюминиевые сплавы

**Полуавтоматическая сварка конструкций из алюминий-магниевого сплава с введением ультрадисперсных частиц активирующих флюсов.** Паршин С. Г., Соцков В. В. //Системы управления и обработки информации: научно-техн. сб. /ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб, 2010. Вып. 21. С. 170-178.

В статье рассмотрены вопросы повышения производительности полуавтоматической сварки плавящимся электродом алюминиевых сплавов и улучшения качества сварных соединений листовых конструкций путем применения ультрадисперсных активирующих флюсов.