

Департамент судостроительной промышленности и морской  
техники

Акционерное общество  
«Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора»»

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

CONTROL AND INFORMATION  
PROCESSING SYSTEMS

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Выпуск 1(40) март

Санкт-Петербург

2018

## **СОДЕРЖАНИЕ**

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

**А.В. Ишанин, Р.Г. Петров, Ю.Н. Черныш.** Предложения по внедрению аппаратно-программной платформы АСУ П с применением отечественных комплектующих изделий в рамках модернизации оборудования ППБУ

**В.В. Кобзев.** Экспертная система диагностики паропроизводящей установки на основе нечёткой логики

**П.В. Никитин.** Состояние оценки качества систем управления автономных необитаемых подводных аппаратов на основе имитационного моделирования

**Д.А. Павлов.** Алгоритмы системы управления движением АНПА, не оснащенного подруливающими движителями, вблизи донного рельефа

**У.А. Таушева.** Математическая модель судна для отладки системы управления динамическим позиционированием судна средствами *SIMINTECH*

### **АППАРАТНО – ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ**

**Л.Г. Бакуменко, А.Н. Дядик, С.Н. Сурин.** Использование электрохимических генераторов на автономных необитаемых подводных аппаратах

**А.А. Берденников.** Дросселирование давления в гидравлическом канале с помощью управляемого дроссельного устройства

**А.Н. Козелько.** Применение перспективных стандартов шин передачи данных в новых разработках АО «Концерн «НПО «Аврора»

**Ю.Ю. Янкин.** Вторичный преобразователь сигналов датчиков с автономным питанием

### **ИСПЫТАНИЯ**

**Э.Г. Берестовицкий, Ю.А. Гладилин, Н.В. Пялов, М.В. Соловьев.** Результаты экспериментальных исследований виброакустических характеристик макетных образцов регулирующих органов систем управления подачей питательной воды в парогенератор энергетических установок

**А.Ю. Никитский, А.Э. Сиренко, Ю.В. Яблокова.** Автономный надводный аппарат «Чомга» для мониторинга акваторий

## CONTENTS

### AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR SHIPS AND CIVILIAN OBJECTS

**A.V. Ishanin, R.G. Petrov, Yu.N. Chernysh.** Proposals for implementation of hardware and software platform of ACS P with the application of domestically made components during the modernization of SDR.

**V.V. Kobzev.** Expert system for diagnostics of steam generating system based on fuzzy logic.

**P.V. Nikitin.** Status of quality evaluation of control systems for autonomous unmanned underwater vehicles based on simulation modeling.

**D.A. Pavlov.** Algorithms of control system for motion of AUUV, not equipped with thrusters, near sea-bottom relief.

**U.A. Tausheva.** Mathematical model of a vessel for debugging of vessel's dynamic positioning control system by means of *SIMINTECH* facilities.

### HARDWARE AND SOFTWARE SOLUTIONS

**L.G. Bakumenko, A.N. Dyadik, S.N. Surin.** Use of electrochemical generators on autonomous unmanned underwater vehicles.

**A.A. Berdennikov.** Throttling of pressure in hydraulic channel by means of controlled throttling device.

**A.N. Kozelko.** Use of prospective standards of databuses in newly developed products of the Concern Aurora SPA JSC.

**Yu.Yu. Yankin.** Self-powered secondary transducer of sensor signals.

### TESTING

**E.G. Berestovitskiy, Yu.A. Gladilin, N.V. Pyalov, M.V. Solovyev.** Results of experimental research of vibroacoustic characteristics of mockup test samples of regulating units for control systems of feedwater supply to steam generators of power plants.

**A.Yu. Nikitskiy, A.E. Sirenko, Yu.V. Yablokova.** Autonomous surface vehicle "Chomga" for monitoring of water areas.

УДК 681.518

**Ключевые слова:** шельф, буровые платформы, автоматизированная система управления, компьютеры, программируемые контроллеры

**Предложения по внедрению аппаратно-программной платформы АСУ П с применением отечественных комплектующих изделий в рамках модернизации оборудования ППБУ.** Ишанин А.В., Петров Р.Г., Черныш Ю.Н. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.5-14.

Проанализирован состав средств автоматизации полупогружных буровых платформ. Определены основные компоненты систем управления для замены на аналоги отечественных производителей. Представлены предложения по замене оборудования и осуществлению сервисного обслуживания АСУ буровой платформы.

УДК 681.3:629.12

**Ключевые слова:** экспертная система, нечёткая логика, знание, вывод, терм, функция принадлежности, параметр, модель, решение, переменная, данные, программа

**Экспертная система диагностики паропроизводящей установки на основе нечёткой логики.** Кобзев В.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.15-23.

В статье рассмотрена принципиальная возможность использования экспертной системы для диагностирования аварийных ситуаций в корабельных паропроизводящих установках на примере аварии, связанной с течами контура. Рассмотрены различные виды и места течей. Показано формирование нечёткой базы знаний и приведены системы уравнений для лингвистических переменных. Описаны этапы принятия решения о виде течи. Работоспособность подхода показана на методическом примере. Обозначены пути применения методологии экспертных систем в цифровых системах управления корабельными техническими средствами.

УДК 681.5

**Ключевые слова:** АНПА, интегрированная система управления, морской робототехнический комплекс, имитационное моделирование, оценка качества, критерии качества

**Состояние оценки качества систем управления автономных необитаемых подводных аппаратов на основе имитационного моделирования.** Никитин П.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.24-35.

На основе результатов краткого анализа показана перспективность подхода к оценке качества систем управления АНПА, включающего априорную оценку эффективности функционирования ИСАУ АНПА, использующей результаты оценок технических требований; экспериментальную отработку функционирования ИСАУ с целью подтверждения заданных показателей эффективности на различных этапах разработки, изготовления и испытаний; обоснование оптимальной совокупности показателей эффективности ИСАУ АНПА.

УДК 681.515

**Ключевые слова:** АНПА, глубина погружения, моделирование, алгоритм управления, рельеф дна

**Алгоритмы системы управления движением АНПА, не оснащенного подруливающими движителями, вблизи донного рельефа.** Павлов Д.А. // Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.36-43.

В статье рассматривается управление движением автономного необитаемого подводного аппарата в горизонтальной и вертикальной плоскостях при удержании отстояния от дна и обходе препятствий без сбрасывания маршевой скорости. Для отображения результатов создана 3D виртуальная сцена, позволяющая визуально наблюдать за параметрами движения.

УДК 681.511.46

**Ключевые слова:** математическая модель, судно, динамическое позиционирование, среда моделирования

**Математическая модель судна для отладки системы управления динамическим позиционированием судна средствами *SimInTech*.** Таушева У.А. // Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.44-49.

В статье предложена имитационная модель движения судна с учётом внешних воздействий (течение, ветро-волновое возмущение), реализованная в среде автоматизированного проектирования логико-динамических систем *SimInTech*. Представлены результаты моделирования при движении судна в заданную точку и удержания в ней.

УДК 681.827

**Ключевые слова:** АНПА, энергетический отсек, водород, кислород, реагенты, ЭХГ-генератор

**Использование электрохимических генераторов на автономных необитаемых подводных аппаратах.** Бакуменко Л.Г., Дядик А.Н., Сурин С.Н. // Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.50-55.

В статье приводится один из возможных вариантов размещения оборудования в энергоотсеке АНПА с ЭХГ-генератором. Кратко рассмотрены два типа реализованных в России топливных элементов со щелочным электролитом и твердополимерным электролитом. Сделан акцент на использовании газобаллонного хранения реагентов для топливных элементов ЭХГ-генератора в композитных баллонах.

УДК 621.11

**Ключевые слова:** дроссельное устройство, кавитация, перепад давлений, переключение, отсечной клапан, дроссельная шайба, шунтирование

**Дросселирование давления в гидравлическом канале с помощью управляемого дроссельного устройства.** Берденников А.А. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.56-66.

Предложено составленное из переключаемых дроссельных секций управляемое дроссельное устройство, обеспечивающее ограничение до безопасного уровня перепада давлений на регулирующем клапане, установленном в гидравлическом канале, работающем при значительных изменениях давления и расхода рабочей среды.

УДК 621.316.311

**Ключевые слова:** шина, магистраль, система управления, контролепригодность, диагностическая шина, показатели диагностируемости

**Применение перспективных стандартов шин передачи данных в новых разработках АО «Концерн «НПО «Аврора».** Козелько А.Н. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.67-74.

В статье рассматриваются современные подходы к организации внутрисборных межмодульных магистралей. Приводятся примеры применения специализированных диагностических шин. Проводится анализ влияния средств внутреннего самоконтроля приборной части на повышение показателей диагностируемости систем управления в целом.

УДК 681.5

**Ключевые слова:** электронный модуль, регулирующий орган, ядерный реактор, индукционные датчики, преобразователь сигналов, программируемые логические интегральные схемы, испытания

**Вторичный преобразователь сигналов датчиков с автономным питанием.** Янкин Ю.Ю. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.75-82.

Представлены результаты разработки и создания электронного модуля преобразования сигналов индуктивных датчиков концевых положений исполнительных механизмов одного из типов судовых ядерных реакторов, обеспечивающего индикацию концевых положений в течение 20 минут после обесточивания системы. Созданные ранее для решения аналогичных задач модули требуют индивидуальной настройки совместно с исполнительными механизмами и не обеспечивают выполнения возросших требований к массогабаритным параметрам и времени автономной работы.

УДК 681.883

**Ключевые слова:** гидродинамический шум, питательная вода, парогенератор, клапан, регулятор расхода

**Результаты экспериментальных исследований виброакустических характеристик макетных образцов регулирующих органов систем управления подачей питательной воды в парогенератор энергетических установок.** Берестовицкий Э.Г., Гладиллин Ю.А., Пялов Н.В., Соловьев М.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.83-94.

В статье рассмотрены вопросы о влиянии выбора схемы регулирования на примере введения второй ступени в регулирующий орган регулятора расхода, о применении встроенных элементов типа сетчатых экранов, а также различных перфорированных пластин из резины.

Приведены результаты экспериментальных исследований виброакустических характеристик макетных образцов регулирующих органов систем управления подачей питательной воды в парогенератор энергетических установок с варьированием встроенных в регулирующий орган элементов. Даны рекомендации по выбору, проектированию и применению встроенных элементов.

УДК 629.05

**Ключевые слова:** автономный надводный аппарат, дистанционное управление, программное управление, мониторинг акваторий

**Автономный надводный аппарат «Чомга» для мониторинга акваторий.** Никитский А.Ю., Сиренко А.Э., Яблокова Ю.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 1(40). С.95-98.

В статье представлен опыт разработки и применения автономного надводного аппарата, предназначенного для геофизических инженерных исследований акваторий портов, верхних бьефов ГЭС, охлаждающих водоемов и каналов АЭС, других промышленных водоемов. Описаны компоновка аппарата, системы управления и навигации, приводятся примеры реализации миссий.

UDC 681.518

**Key words:** shelf, drilling rigs, automated control system, computers, programmable controllers

**Proposals for implementation of hardware and software platform of ACS P with the application of domestically made components during the modernization of SDR.** A.V. Ishanin, R.G. Petrov, Yu.N. Chernysh //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.5-14.

Configuration of automation facilities of semisubmersible drilling rigs is analyzed. Main components of control systems are determined to be replaced with alternative ones manufactured by domestic producers. Proposals are given for replacement of equipment and service maintenance of a drilling rig ACS.

UDC 681.3:629.12

**Key words:** expert system, fuzzy logic, knowledge, conclusion, term, membership function, parameter, model, solution, variable, data, program

**Expert system for diagnostics of steam generating system based on fuzzy logic.** V.V. Kobzev //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.15-23.

The article covers the possibility in principle to use an expert system for emergency diagnosis of shipboard steam generating systems through the example of an emergency connected with loop leakages. Various kinds and places of leakages are considered. Creation of a fuzzy knowledge database is shown and systems of equations are provided for linguistic variables. Decision-making stages are described relating to the kind of a leakage. Operativeness of the approach is demonstrated through a methodological example. Routes are designated for use of the methodology of expert systems in digital control systems of shipboard technical facilities.

UDC 681.5

**Key words:** AUUV, integrated control system, maritime robotic system, simulation modeling, quality evaluation, quality criteria

**Status of quality evaluation of control systems for autonomous unmanned underwater vehicles based on simulation modeling.** P.V. Nikitin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.24-35.

On the basis of the brief analysis results, the prospects are demonstrated of approach to evaluation of quality of AUUV control systems, including a priori estimate of performance effectiveness of AUUV IACS, using the results of evaluation of technical specifications, experimental verification of IACS performance with the purpose to prove the target measures of effectiveness at the phases of designing, manufacturing, testing; verification of optimum combination of AUUV AICS effectiveness measures.



UDC 681.515

**Key words:** AUUV, diving depth, modeling, control algorithm, sea-bottom relief

**Algorithms of control system for motion of AUUV, not equipped with thrusters, near sea-bottom relief.** D.A. Pavlov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.36-43.

The article examines motion control of an autonomous unmanned underwater vehicle in horizontal and vertical planes, withholding distance from the sea-bottom and avoiding obstacles without reducing the cruising speed. 3D virtual scene is created for presentation of results, which allows to view the motion parameters.

UDC 681.511.46

**Key words:** mathematical model, vessel, dynamic positioning, simulation environment

**Mathematical model of a vessel for debugging of vessel's dynamic positioning control system by means of *SimInTech* facilities.** U.A.Tausheva //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.44-49.

The article proposes a simulation model of vessel motion with due account of external interferences (current, wind and wave agitation), implemented in the environment for computer-aided engineering of logical and dynamic systems *SimInTech*. The results of modeling are presented for vessel motion to a destination point and it's station-keeping.

UDC 681.827

**Key words:** AUUV, power compartment, hydrogen, oxygen, reactants, electrochemical generator

**Use of electrochemical generators on autonomous unmanned underwater vehicles.** L.G. Bakumenko, A.N. Dyadik, S.N. Surin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.50-55.

The article reviews one of possible variants for arrangement of equipment in a power compartment of AUUV with electrochemical generator. Briefly examined are two types of fuel elements with alkaline electrolyte and solid polymer electrolyte, which are implemented in Russia. Focus is put on use of gas cylinder units for storage of reactants for fuel cells of an electrochemical generator in composite cylinders.

UDC 621.11

**Key words:** throttling device, cavitation, pressure difference, switching, stop valve, throttling orifice, shunting

**Throttling of pressure in hydraulic channel by means of controlled throttling device.** A.A. Berdennikov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.56-66.

Controlled throttling device is offered, consisting of switchable throttling sections, providing limitation down to a safe level for pressure differential of a regulating valve installed in a hydraulic channel, operating at significant pressure variations and hydraulic fluid consumption.

UDC 621.316.311

**Key words:** databus, data highway, control system, checkability, diagnostic bus, diagnosability measures

**Use of prospective standards of databuses in newly developed products of the Concern Avrora SPA JSC.** A.N. Kozelko //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.67-74.

The article reviews modern approaches to arrangement of intradevice intermodule buses. Examples are provided of using special-purpose diagnostic buses. Analysis is performed of how the hardware internal test facilities influence the improvement of diagnosability of control systems as a whole.

UDC 681.5

**Key words:** electronic module, regulating unit, nuclear reactor, induction sensors, signal converter, field-programmable gate arrays, tests

**Self-powered secondary transducer of sensor signals.** Yu.Yu. Yankin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.75-82.

Results are presented of development and creation of electronic module for conversion of signals of end position induction sensors for actuators of one of the types of shipboard nuclear reactors, which ensures indication of end positions in the course of 20 minutes after the system is de-energized. The modules created earlier for solution of similar tasks require individual adjustment jointly with actuating mechanisms and are not capable of meeting the increased requirements to weight and size limitations and autonomous operation time.

UDC 681.883

**Key words:** hydrodynamic noise, feedwater, steam generator, valve, flaw regulator

**Results of experimental research of vibroacoustic characteristics of mockup test samples of regulating units for control systems of feedwater supply to steam generators of power plants.** E.G. Berestovitskiy, Yu.A. Gladilin, N.V. Pyalov, M.V. Solovyev // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.83-94.

The article reviews the issues concerning the influence of regulation circuit selection through the example of introducing a second level to regulating unit of feedwater flow regulator, as well as concerning the use of integral components, such as mesh screens, and various perforated rubber plates.

Results are presented of experimental research of vibroacoustic characteristics of mockup test samples of regulating units for control systems of feedwater supply to steam generators of power plants with variation of regulating unit's integral components. Recommendations are given for selection, designing and use of integral components.

UDC 629.05

**Key words:** autonomous surface vehicle, remote control, program control, monitoring of water areas

**Autonomous surface vehicle “Chomga” for monitoring of water areas.**

A.Yu. Nikitskiy, A.E. Sirenko, Yu.V. Yablokova //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 1(40). C.95-98.

The article reviews the experience in development and employment of an autonomous surface vehicle, which is intended to be used for geophysical engineering exploration of water areas of ports, weir ponds of HPPs, cooling ponds and channels of NPPs, other industrial water reservoirs. Arrangement of the vehicle, its control and navigation system are described, examples of mission accomplishment are provided.