

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 4(35) декабрь

Санкт-Петербург  
2016

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ**

**Ахвенайнен И. Р., Смольников А. В., Шаталов Г. В.** Современное состояние и перспективы развития безэкипажных надводных средств различного назначения

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

**Григорьев А. В., Дымент А. Б.** Расчет секторов безопасных курсов ПЛ при решении в БИУС задачи расхождения с надводными кораблями

**Первухин Д. А., Пюннинен С. А.** Обнаружение маневра цели методом N-полиномов

### **АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ**

**Азаров М. М., Ляпин В. И., Кудинов О. Б.** Методы и алгоритмы автоматического управления движением судов по линии заданного радиуса поворота

**Азаров М. М., Иванова Т. В., Зайцев А. Н., Ляпин В. И., Сергейчик М. В.** Постановка задачи минимизации и распределения потребляемых мощностей технических средств движительно-рулевого комплекса судна в системе динамического позиционирования

**Берденников А. А.** Анализ способов управления уровнем воды в скруббере

**Берестовицкий Э. Г., Мелешин И. С., Пялов Н. В., Соловьев М. В.** Применение инструментов MathWorks для разработки и оптимизации законов управления гидравлической системой на базе объектно-ориентированного подхода

**Алексеев Л. Е., Кошко В. А.** Программно-аппаратный комплекс визуализации данных, зарегистрированных в корабельных системах типа «черный ящик» в системах регистрации повышенной стойкости

**Трубицын П. А.** Регистрация нештатных переключений автоматов в SCADA СИТЕСТ

**Ромашов Н. Н.** Стенд-имитатор знакопеременных нагрузок

### **САПР**

**Брезгин Р. В.** Новая информационная технология создания полного комплекта конструкторской документации для изделий приборостроения с использованием модульного принципа

**Алексеев Л. Е., Кошко В. А., Соснин А. Е.** Особенности построения защищенных АСУ ПЛ и НК на примере автоматизированной системы документирования

## CONTENTS

### PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SURFACE SHIPS

**I. R. Akhvenaynen, A. V. Smolnikov, G. V. Shatalov.** Current state and prospects for the development of unmanned surface platforms of various purpose

### AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR NAVAL SHIPS AND CIVILIAN OBJECTS

**A. V. Grigoriev, A. B. Dyment.** Calculation of sectors of safe courses of a submarine while solving a problem of passing surface ships by a combat management system

**D. A. Pervukhin, S. A. Piunninen.** Target maneuver detection using N-polynominals method

### HARDWARE AND SOFTWARE SOLUTIONS

**M. M. Azarov, V. I. Lyapin, O. B. Kudinov.** Methods and algorithms of automatic control of ship motion at preset turning radius

**M. M. Azarov, A. N. Zaytsev, T. V. Ivanova, V. I. Lyapin, M. V. Sergeychik.** Definition of a problem of minimization and distribution of power consumed by equipment of a ship's propulsion/steering unit to be solved by a dynamic positioning system

**A. A. Berdennikov.** Analysis of methods of water level control in a scrubber  
E.G. Berestovitsky, I.S. Meleshin, N.V. Pyalov, M.V. Soloviev. Use of Mathworks tools for development and optimization of hydraulic system control laws based on object-oriented approach

**L. E. Alekseev, V. A. Koshko.** Hardware and software system for visualization of data recorded in shipboard systems of 'black box' type – ruggedized recording systems

**P. A. Trubitsyn.** Recording of abnormal switching-over of automatic circuit breakers in SCADA CITECT

**N.N. Romashov.** Alternating load simulation stand

### CAD SYSTEMS

**R. V. Brezgin.** New IT solution for development of complete set of design documentation on modular principle basis for professional equipment

**L. E. Alekseev, V. A. Koshko, A. E. Sosnin.** Features of architecting ruggedized automated control systems for submarines and surface ships through the example of an automated documenting system

УДК 623.98

**Ключевые слова:** безэкипажные корабли, модульный принцип построения, групповое применение, обеспечение безопасности на море, противоминная, противолодочная оборона

**Современное состояние и перспективы развития безэкипажных надводных средств различного назначения.**

Ахвенainen И. Р., Смольников А. В., Шаталов Г. В. // Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. / АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2016. Вып. 4(35). С. 5–13.

В статье на основании открытых источников дается обзор современного состояния и основных тенденций развития безэкипажных надводных средств. На основании анализа зарубежного и отечественного опыта создания и применения безэкипажных кораблей предложены наиболее перспективные направления их развития в интересах отечественного ВМФ.

УДК 623.946. 681. 518

**Ключевые слова:** маневр, расхождение, курс, безопасность, БИУС, расчет

**Расчет секторов безопасных курсов ПЛ при решении в БИУС задачи расхождения с надводными кораблями.** Григорьев А. В., Дымент А. Б. // Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. / АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2016. Вып. 4(35). С. 14–21.

В статье рассмотрена задача определения безопасных курсов ПЛ при расхождении с надводными кораблями. Представлены формульные зависимости для расчета секторов относительных опасных курсов (СООК) и абсолютных опасных курсов (СОК) для различных тактических ситуаций. Приведен расчет графических отображений СООК и СОК на планшете и на фоне электронной карты.

УДК 656.052

**Ключевые слова:** гидроакустика, моделирование, аппроксимация, полином, индикатор маневра

**Обнаружение маневра цели методом N-полиномов.** Первухин Д. А., Пюннинен С. А. // Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. / АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2016. Вып. 4(35), С. 22–27.

В статье рассматривается метод обнаружения маневра цели при решении задачи определения координат и параметров движения цели в пассивном режиме гидроакустического комплекса подводной лодки. Траектория цели моделируется посредством линейной комбинации ортогональных полиномов, образующей полиномиальный ряд степени N, а в качестве индикатора маневра выступают коэффициенты при первой степени аппроксимирующего полинома.

УДК 629.5.061

**Ключевые слова:** электронная картографическая навигационно-информационная система, винторулевая (поворотная) колонка, гребной двигатель, вертикальный руль, мощность, радиус поворота, угловая скорость поворота, компенсация внешних сил, волнение, течение, ветер

**Методы и алгоритмы автоматического управления движением судов по линии заданного радиуса поворота.** Азаров М. М., Ляпин В. И., Кудинов О. Б. // Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. / АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2016. Вып. 4(35), С. 28–47.

В статье выполнен анализ методов наиболее распространенных в судовождении и предназначенных для решения задач управления маневрированием на неустановившихся циркуляциях при движении по заданным радиусам поворота. На практике данный вид управления является основным эксплуатационным режимом при поворотах судна и реализуется либо при «ручном» управлении переключками руля в следящем режиме, либо при автоматическом управлении курсом. В настоящее время в современных авторулевых в режиме «auto-track» управление движением по прямолинейному маршруту полностью автоматизировано. Поэтому основное внимание в данной статье уделено методам и структурам систем автоматического управления

движением на поворотах и расчетам параметров упреждения и радиусов входа в поворот.

УДК 629.5.06: 629.566

**Ключевые слова:** система управления, динамическое позиционирование, минимизация, мощность, оптимизация, перегрузка, судовая электроэнергетическая установка

**Постановка задачи минимизации и распределения потребляемых мощностей технических средств движительно-рулевого комплекса судна в системе динамического позиционирования.** Азаров М. М., Зайцев А. Н., Иванова Т. В., Ляпин В. И., Сергейчик М. В. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора», СПб. Вып. 4(35), С. 48–58.

В статье рассматривается постановка задачи минимизации суммарной потребляемой мощности технических средств движительно-рулевого комплекса в режимах динамического позиционирования судна. Решение предлагается в классе задач квадратичного программирования.

УДК 629.5.06.629.561.5

**Ключевые слова:** скруббер, расход воды, сигнализатор, уровень, сравнительный анализ, интегральная управляющая переменная

**Анализ способов управления уровнем воды в скруббере.** Берденников А. А. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора», СПб. Вып. 4(35), С. 59–65.

С использованием метода математического моделирования проведен сравнительный анализ двух способов управления уровнем воды в скруббере по сигналам от сигнализаторов уровня. Один из этих способов обеспечивает управление органом слива с помощью интегральной управляющей переменной, а другой – с помощью датчиков расхода, установленных на входе и выходе скруббера.

УДК 681.883

**Ключевые слова:** моделирование, питательная вода, парогенератор, клапан, регулятор расхода

**Применение инструментов Mathworks для разработки и оптимизации законов управления гидравлической системой на базе объектно-ориентированного подхода.** Берестовицкий Э. Г., Мелешин И. С., Пялов Н. В., Соловьев М. В. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2016. Вып. 4(35) . С. 66–78.

Проведена оценка инструментов Mathworks для решения задач по созданию моделей систем управления и объектов управления.

Показаны возможности проведения системного анализа объектов управления, синтеза систем управления, оптимизации модель системы по заданным критериям.

УДК 681.51.012

**Ключевые слова:** «черный ящик», визуализация зарегистрированных данных, экспертное заключение, авария, катастрофа

**Программно-аппаратный комплекс визуализации данных, зарегистрированных в корабельных системах типа «черный ящик» в системах регистрации повышенной стойкости.** Алексеев Л. Е., Кошко В. А. //Системы управления и обработки информации: научн.-техн.сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора», СПб., 2016. Вып. 4(35). С. 79–83.

В статье дан исторический обзор организационных и технических мероприятий, связанных с расшифровкой «черных ящиков» в авиации и регистраторов рейса на гражданских судах. Рассмотрены вопросы о необходимости создания комплекса визуализации систем регистрации повышенной стойкости и структуры, которому будут поручены расшифровки сохраненной информации для нужд ВМФ РФ и соответствующих государственных структур. Даны основные направления, которые необходимо учитывать при реализации комплекса визуализации.

УДК 629.12, 681.518

**Ключевые слова:** несанкционированные действия, СУ ЭЭС, алгоритм, управление, команда, сигнал

**Регистрация нештатных переключений автоматов в SCADA СІТЕСТ.** Трубицын П. А. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн.сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора», СПб., 2016. Вып. 4(35). С. 84–88.

Рассматриваются вопросы регистрации переключений автоматов помимо системы управления (с местных пультов, нештатных) электроэнергетических систем (ЭЭС). Выделены два варианта для системы управления ЭЭС: контроля нештатных переключений автоматов и невыполнения команд. Предлагается использовать механизм алармов и вызовов функций регистрации производными алармами.

УДК 629.5.016.6

**Ключевые слова:** имитатор, нагрузка, гидроцилиндр, комплекс, клапан, датчик, расход, давление, вибрация, регистрация

**Стенд-имитатор знакопеременных нагрузок.** Ромашов Н. Н. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн.сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора», СПб., 2016. Вып. 4(35). С. 89–99.

Проработаны варианты структурного построения и разработана КД стенда-имитатора, воспроизводящего реальные знакопеременные нагрузки на рулевых машинах, в т. ч. отрицательные. Разработаны задающий и регистрирующий комплексы, позволяющие одновременно регистрировать быстротекущие физические и виброакустические параметры. Разработан алгоритм управления насосными установками управляющим и регистрирующим комплексами. Разработано программное обеспечение. Проведена апробация работы стенда.

УДК 004.032.2:681.324

**Ключевые слова:** электронная технология, САПР, модульная структура, XML-документооборот

**Новая информационная технология создания полного комплекта конструкторской документации для изделий приборостроения с использованием модульного принципа.** Брезгин Р. В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн.сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора», СПб., 2016. Вып. 4(35). С. 100–106.

Предложена новая информационная технология, позволяющая обеспечить процесс автоматизации разработки полного комплекта конструкторской документации в электронном виде. Новая электронная технология базируется на принципе использования формализованных информационных моделей конструкторского документа, единого информационного пространства и САПР, адаптированных с учетом разработанных информационных моделей КД. В рамках предлагаемой модульной технологии разработки КД могут использоваться различные стандарты представления данных и различные САПР, в том числе стандарт XML-документооборота S1000D и программное обеспечение создания эксплуатационной и ремонтной документации модульной структуры.

УДК 681.518.5

**Ключевые слова:** защищенная автоматизированная система документирования информации, формат, съемный накопитель, информация, механизм защиты, совокупная стоимость владения

**Особенности построения защищенных АСУ ПЛ и НК на примере автоматизированной системы документирования.** Алексеев Л. Е., Кошко В. А., Соснин А. Е. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн.сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора», СПб., 2016. Вып. 4(35). С. 107–118.

В статье обсуждаются ключевые проблемы, возникающие при построении защищенных АСУ ПЛ и НК. Обсуждение вопросов, связанных с разработкой защищенных автоматизированных систем, рассматриваются на примере автоматизированной системы документирования. В статье приведен подход, позволяющий достичь заданных в ТЗ характеристик и при этом снижающий стоимость серийного производства и обслуживания системы документирования.

UDC 623.98

**Key words:** unmanned ships, modular construction principle, shared use, ensuring safety at sea, mine defense, submarine defense

**Current state and prospects for the development of unmanned surface platforms of various purpose.**

I . R . A k h v e n a y n e n

, A . V . Smolnikov, G.V. Shatalov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2016. Issue 4(35). P. 5–13.

The article offers a review based on open information sources, which covers the current state of unmanned surface platforms and main trends of their development. Based on the analysis of the foreign and domestic practices of creation and use of unmanned ships, the most promising trends of their development in the interests of the Russian Navy are offered.

UDC 623.946. 681. 518

**Key words:** maneuver, passing, course, safety, CMS, calculation

**Calculation of sectors of safe courses of a submarine while solving a problem of passing surface ships by a combat management system.** A.V. Grigoriev, A.B. Dyment //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2016. Issue 4(35). P. 14–21.

The article reviews the problem of determination of safe courses of a submarine for passing surface ships. Formula-based dependences for calculation of sectors of relative dangerous courses (SRDC) and sectors of absolute dangerous courses (SADC) for various tactical situations are represented. Calculation of graphic images of SRDC and SADC on tablet PC and against electronic chart display is given.

UDC 656.052

**Key words:** hydroacoustics, modelling, approximation, polynomial, maneuvering indicator

**Target maneuver detection using N-polynomial method.** D.A. Pervukhin, S.A. Piuninen // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2016. Issue 4(35), P. 22–27.

The article reviews a target maneuver detection method when solving a problem of determination of target motion coordinates and parameters in the passive mode of a submarine's sonar system operation. A target path is modelled by means of linear combination of orthogonal polynomials, which forms a N-degree polynomial sequence, with coefficients at first degree polynomial approximant acting as maneuvering indicator.

UDC 629.5.061

**Key words:** electronic chart display and information system, rudder propeller (steerable pod), propulsion motor, vertical rudder, power, turning radius, turning rate, external force compensation, sea state, current, wind

**Methods and algorithms of automatic control of ship motion at preset turning radius.** M.M. Azarov, V.I. Lyapin, O.B. Kudinov // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2016. Issue 4(35), P. 28–47.

The article contains the analysis of methods, which are the most common in ship steering and are intended for solving the problems of maneuvering control at variable circulations under the conditions of ship motion at preset turning radiuses. In actual practice, this kind of control constitutes the main operation mode when turning a ship, and this mode is carried out either during manual control of rudder displacement in follow-up mode, or during automatic heading control. At present, the modern autopilots in 'auto-track' mode provide fully automated straight-line motion control. Therefore, this article is focused on methods and structures of the systems of automatic motion control on turns, as well as on calculation of prediction parameters and radiuses of coming into turn.

UDC 629.5.06: 629.566

**Key words:** control system, dynamic positioning, minimization, power, optimization, overload, ship electric power plant

**Definition of a problem of minimization and distribution of power consumed by equipment of a ship's propulsion/steering unit to be solved by a dynamic positioning system.** M.M. Azarov, A.N. Zaytsev, T.V. Ivanova, V.I. Lyapin, M.V. Sergeychik // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC, St. Petersburg. Issue 4(35), P. 48–58.

The article reviews definition of a problem of minimization of total power consumed by equipment of a propulsion/steering unit in the modes of ship dynamical position. Solution is offered for the class of quadratic programming problems.

UDC 629.5.06.629.561.5

**Key words:** scrubber, water flow rate, alarm, level, comparative analysis, integrated control variable

**Analysis of methods of water level control in a scrubber.** A.A. Berdennikov // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC, St. Petersburg. Issue 4(35), P. 59–65.

A comparative analysis of two methods of water level control in a scrubber by the signals from level alarms is made by means of mathematical modelling. One of these methods ensures control of a discharge unit by means of integrated control variable and the other – by means of flow rate sensors installed upstream and downstream of the scrubber.

UDC 681.883

**Key words:** modelling, feed water, steam generator, valve, flow rate regulator

**Use of Mathworks tools for development and optimization of hydraulic system control laws based on object-oriented approach.** E.G. Berestovitsky, I.S. Meleshin, N.V. Pyalov, M.V. Soloviev // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2016. Issue 4(35) . P. 66–78.

Evaluation of Mathworks tools is given with respect to solving the tasks related to building-up models of control systems and objects under control.

Demonstrated are the opportunities of system analysis of objects under control, synthesis of control systems, system model optimization based on preset criteria.

UDC 681.51.012

**Key words:** 'black box', visualization of recorded data, expert opinion, emergency, catastrophe

**Hardware and software system for visualization of data recorded in shipboard systems of 'black box' type – ruggedized recording systems (RRS).** L.E. Alekseev, V.A. Koshko // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC, St. Petersburg., 2016. Issue 4(35). P. 79–83.

The article represents a historical survey of organizational and technical activities related to decoding of aircraft 'black boxes' and voyage data recorders used on board civil ships. Reviewed are the issues related to necessity of creation of a visualization set for ruggedized recording systems to be used for decoding the saved data for the needs of the Russian Navy and the respective government agencies. The basic trends are indicated which should be taken in consideration in the process of implementation of the visualization set.

UDC 629.12, 681.518

**Key words:** unauthorized actions, APMS, algorithm, control, command, signal

**Recording of abnormal switching-over of automatic circuit breakers in SCADA CITECT.** P.A. Trubitsyn // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC, St. Petersburg., 2016. Issue 4(35). P. 84–88.



Reviewed are the issues related to recording of switching-over operations of automatic circuit breakers by means of facilities other than those of the automated power management system (APMS) (i.e. local consoles to be used for abnormal switching-over operations). Emphasis is laid on two monitoring options for APMS: monitoring of abnormal switching-over of automatic circuit breakers and monitoring of command execution failures. Use of mechanism of alarms is offered as well as use of record function calling by derivated alarms.

UDC 629.5.016.6

**Key words:** simulator, load, hydraulic cylinder, package, valve, sensor, flow rate, pressure, vibration, recording

**Alternating load simulation stand.** N.N. Romashov // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC, St. Petersburg., 2016. Issue 4(35). P. 89–99.

In-depth studies have been performed with regard to options of simulation stand, which will simulate actual alternation loads applied to steering gear including the negative loads, and design documentation for the simulation stand has been developed. Setting and recording packages have been developed, which will enable simultaneous recording of galloping physical and vibroacoustic parameters. Algorithm of pumping plants control by means of setting and recording packages has been developed. Software is developed. Stand operation is proven.

UDC 004.032.2:681.324

**Key words:** electronic technology, CAD systems, modular structure, XML document flow

**New IT solution for development of complete set of design documentation on modular principle basis for professional equipment.** R.V. Brezgin // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC, St. Petersburg., 2016. Issue 4(35). P. 100–106.

A new technology is offered that enables the process of automation of the development of complete set of design documentation in electronic format. The new electronic technology is based on use of formalized information models of a design document, common information environment and CAD systems adapted for developed information models of design documentation. In the context of the modular technology offered for design documentation development, various data presentation standards and CAD systems can be used, including the XML document flow standard S1000D and software for generation of operating and repair documentation with modular structure.

UDC 681.518.5

**Key words:** ruggedized automated information documenting system, format, removable disk storage, information, protection mechanism, total cost of ownership

**Features of architecting ruggedized automated control systems for submarines and surface ships through the example of an automated documenting system.** L.E. Alekseev, V.A. Koshko, A.E. Sosnin // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC, St. Petersburg., 2016. Issue 4(35). P. 107–118.

In the article the salient problems are discussed which arise in the process of architecting ruggedized automated control systems for submarines and surface ships. The issues related to development of ruggedized automated control systems are studied through the example of an automated documenting system. In the article the approach is described that makes it possible to achieve the system characteristics as set in the Technical Assignment along with reduction of the cost of full-scale production and maintenance of the documenting system.