

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КУРСОМ СУДНА «НЕВА»

AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF THE COURSE OF THE VESSEL «NEVA»

R. Stagno
A. Dorofeev
N. Yakovleva
A. Gonchar

Summary. The article describes the history of the design and production of automated control systems for civilian vessels, presents the latest state-of-the-art domestic development of course control systems and trajectory of the vessel, the Ural Navigator autopilot, which is part of the automated course control system of the Neva. A typical structural-functional scheme of the automated ship control system is presented. The differences are indicated in the "Ship Heading Control System" from the "Ship Heading Control System". The main and additional modes of the autopilot operation, including manual, combined and automatic control of the vessel, are considered in detail. It was concluded that the automated control system for the Neva vessel with the Ural Navigator autopilot and its components were fully tested and showed good results.

Keywords: auto steering, control automation, control unit, set course, remote control, software, steering machine, automation system, navigation, trajectory, electronic map.

Стахно Роман Евгеньевич

*К.т.н., Санкт-Петербургский университет МВД
России
rstakhno2@mvd.ru*

Дорофеев Александр Иванович

*Главный инженер, ООО «Морские системы»
dorofeev@marine-systems.ru*

Яковлева Наталья Александровна

*К.н.с.х.н., Санкт-Петербургский университет МВД
России
kumirova@mail.ru*

Гончар Артем Александрович

*К.в.н., доцент, Санкт-Петербургский университет
МВД России
gonchar.tema@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассмотрена история проектирования и производства автоматизированных систем управления гражданскими судами, представлены современные новейшие отечественные разработки систем управления курсом и траекторией судна авторулевой «Урал-навигатор», входящий в состав автоматизированной системы управления курсом судна «Нева». Представлена типовая структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления судном. Подробно рассмотрены основные и дополнительные режимы работы авторулевого. Сделаны выводы, что автоматизированная система управления судном «Нева» с авторулевым «Урал-навигатор» и их компоненты прошли испытания в полном объеме, и показали хорошие результаты.

Ключевые слова: авторулевой, автоматизация управления, блок управления, заданный курс, дистанционное управление, программное обеспечение, рулевая машина, система автоматики, судовождение, траектория, электронная карта.

Отечественные компании в области проектирования и производства автоматизированных систем управления гражданскими судами слабо представлены на международном и российском рынке, несмотря на то, что разработки в этой области имеют в Российской Федерации богатую историю. Исторически сложилось, что первопроходцами в этой области был военно-морской флот, разработками средств автоматизации процесса управления подводными лодками и надводными кораблями занялись в 50-е годы прошлого века в научно-исследовательских институтах военно-морского флота СССР. Тогда в интересах повышения эффективности управления кораблями стали устанавливаться на военные суда отдельные элементы автоматизации управления. С начала 60-х годов прошлого века активно начались разработки и внедрения систем дистанционного автоматизированного управления и начат этап комплексной

автоматизации кораблей. В период 1960–1993 год было проведено большое количество исследований, обоснований и внедрения автоматизированных систем управления в военно-морском и гражданском флоте.

С развалом советского союза автоматизированные системы управления гражданскими судами были в значительной степени вытеснены зарубежными аналогами в связи жесткой конкуренцией на мировом рынке гражданского судостроения. К 2014 году, когда Правительством Российской Федерации был взят курс на импортозамещение в области разработки и внедрения отечественных автоматизированных систем управления гражданскими судами, остро назрели проблемы. На российском рынке доминировали иностранные производители автоматизированных систем управления гражданскими судами, а отечественные разработки строились на зарубежной

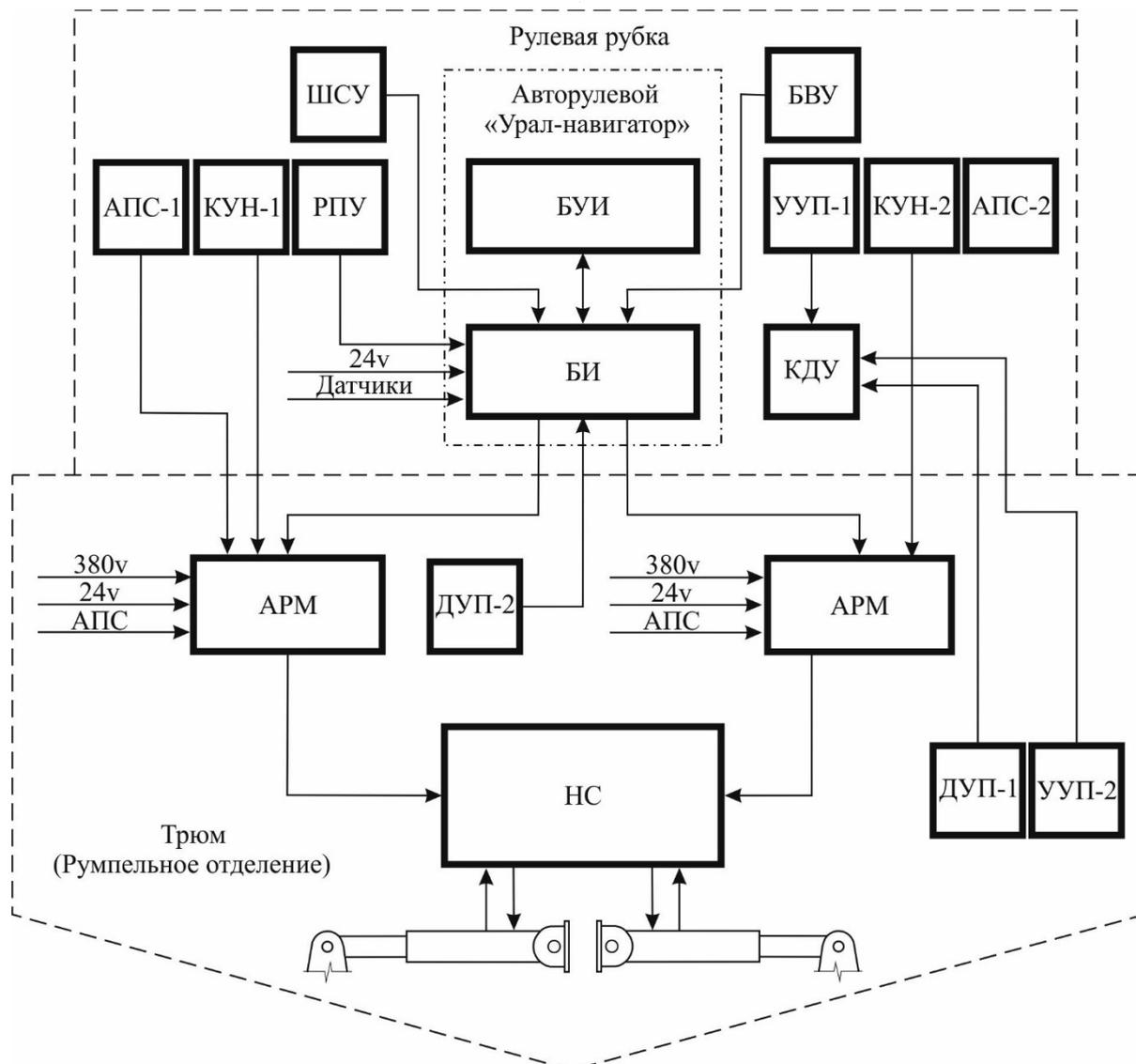


Рис. 1. Структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления курсом судна «Нева»: АПС - панель аварийно-предупредительной сигнализации рулевой машины; АРМ — щит автоматики рулевой машины; БИ — блок интерфейсов авторулевого; БУИ — блок управления и индикации авторулевого; БВУ — блок выбора управления (ПРОСТОЙ, СЛЕДЯЩИЙ, АВТОМАТ); ДУП — датчик угла поворота руля; КДУ — калибратор датчика угла поворота руля; КУН — кнопки управления насосами рулевой машины; РПУ — Ручка простого управления рулем; ШСУ — Штурвал следящего управления.

элементной базе, более чем на 80% были зависимы от ввоза комплектующих извне. С момента введения санкций 2014 года против Российской Федерации и принятия государственной программы импортозамещения в России происходит постепенное снижение зависимости гражданского судостроения от западных производителей. На рынок выходят отечественные производители с аппаратными и программными решениями по реализации автоматизированных систем управления в области управления судами гражданского морского и речного флота.

Одной из таких групп организаций активно занимающейся разработкой и внедрением систем автоматического управления курсом судна для водоизмещающих судов и судов на подводных крыльях с импульсным или пропорциональным управлением рулевыми механизмами, является ФГУП НПО Автоматики, ООО «Морские системы» и ЗАО «НПФ «Рулевые машины».

Среди новейших разработок отечественных компаний особое место занимают системы управления курсом

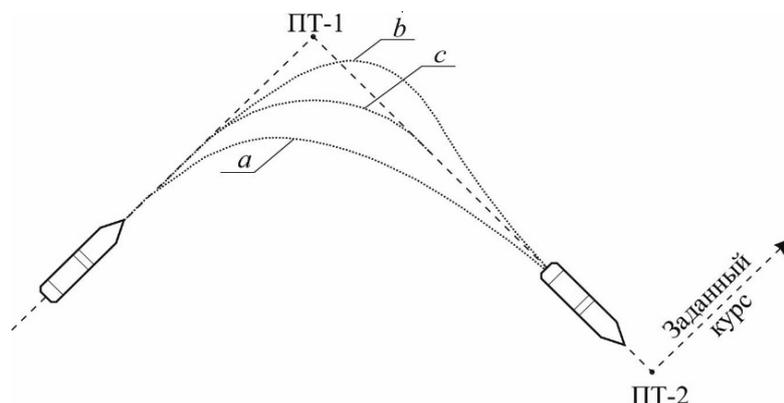


Рис. 2. Движение судна при переходе на новый участок траектории:
a — ранний; *b* — поздний; *c* — своевременный.

и траекторией судна авторулевой «Урал-навигатор» (АР), входящий в состав автоматизированной системы управления курсом судна «Нева» (АСУ«Нева»). В эту систему также входят система управления и контроля работы рулевой машины, система индикации положения пера руля (аксиометры), гидростанции и привод к баллеру руля судна.

Один из вариантов автоматизированной системы управления курсом судна «Нева» с АР для двух связанных рулей, двух гидростанций с общим баком и одним постом управления представлен в общей структурно-функциональной схеме (рис. 1).

Системы управления курсом и траекторией судна разработаны в соответствии с ИМО Резолюция А.342 (IX), ИМО Резолюция МСC. 64(67) и «Правил оборудования морских судов» (ч.V п. 5.16 и п. 5.17) и отвечают всем требованиям и правилам Российского Речного Регистра, относящихся к авторулевым (т. 3, ч.IV, п. 25.5). В их конструкции заложен принцип «любой сбой в работе приводит к наименее критичным последствиям».

Отличие «Системы управления курсом судна» от «Системы управления траекторией судна» в установленном программном обеспечении. Программное обеспечение «Системы управления траекторией судна» включает в себя функционал «Системы управления курсом судна» и позволяет осуществлять прокладку маршрута судна по электронной карте с учетом рельефа морского дна и осадки судна, а также проводить редактирование маршрута.

В настоящее время наиболее распространенным и эффективным решением для создания «Системы управления траекторией судна» является соединение цифровым каналом связи электронной картографической навигационно-информационной системы судна (ЭКНИС) с «Системой управления курсом судна».

Одной из основных задач АР является минимизация переключений руля и максимально точное движение по заданному курсу для обеспечения экономичного расхода топлива.

В программном обеспечении АР использованы патенты, правообладателем которых является ФГУП НПО Автоматики:

- ◆ патент № 2207296 на изобретение «Способ автоматической проводки судна»;
- ◆ патент № 2207585 на изобретение «Способ визуализации навигационной обстановки при судовождении»;
- ◆ патент № 2403610 на изобретение «Способ высокоточного и динамичного управления траекторией движения подвижного объекта (морские и речные суда, летательные аппараты, управляемые ракеты)»;
- ◆ патент № 2581015 на изобретение «Способ оптимизации многомерного вектора параметров управления сложными стохастическими системами автоматического управления для многомерного вектора выходных показателей качества работы системы»;
- ◆ патент № 2623464 на изобретение «Способ идентификации характеристик и возмущений динамических объектов в стохастических системах автоматического управления».

Управление судном в поворотах производится по алгоритмам с переменной структурой, что обеспечивает выполнение поворота с переменной угловой скоростью и, практически, исключает отклонение от заданного курса при завершении поворота (рис. 2).

В режиме «Путевые точки» автоматика АР постоянно отслеживает наличие и качество поступающих данных, БУИ рассчитывает оптимальную траекторию движения

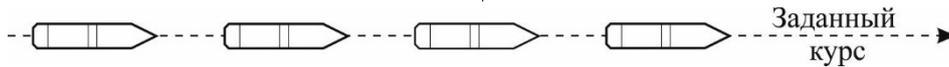


Рис. 3. Работа АР в режиме «Авто»

и своевременное начало поворота судна, избегая раннего или позднего начала поворота и перехода судна на новый участок траектории.

Источниками данных для БУИ АР служат сообщения: 1. Гирокомпас (Протокол NMEA: HDT, HEHDT, NSD, HDM, HDG, HCHDT); 2. Магнитный компас (Протокол NMEA: HDM). Рекомендуется использовать гирокомпасы; 3. Датчик определения скорости относительно воды (Протокол NMEA: VBW, VTG, VHW); 4. Датчик скорости ветра (Протокол NMEA: VWR, VWT, MWD, MWV); 5. Датчик определения угловой скорости (NMEA: ROT); 6. Спутниковый приемник ГЛОНАС/GPS (Протокол NMEA: GGA, GLL, ZDA, VTG); 7. Датчик положения пера руля (аналоговый).

Работа АР зависит от погодных условий, скорости судна, обводов и размеров корпуса судна. Температурные условия эксплуатации АР находятся в диапазоне от -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$, а отдельных компонентов автоматизированной системы управления курсом судна «Нева» в диапазоне от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Степень защиты блоков управления и индикации для лицевой стороны составляет IP67, для тыльной стороны IP22. По требованию заказчика возможна установка блоков управления и индикации в специальные защитные корпуса, что значительно повышает степень защиты указанных устройств.

Авторулевой предназначен для установки на суда с импульсным или пропорциональным рулевым механизмом, гирокомпасом и/или магнитным компасом с датчиками курса, датчиком скорости или импульсным лагом, датчиком угловой скорости (если гирокомпас не поддерживает передачу ROT предложения), спутниковым приемником ГЛОНАС/GPS. АР может подключаться к судовой ЭКНИС для получения курса судна (конфигурация АР — Системы управления траекторией судна).

Основной блок управления и индикации (БУИ) АР размещается в консоли главного поста управления, располагающегося в рулевой рубке. Установка сетевых (дополнительные БУИ) постов авторулевого (до 5 шт.), также в консольном исполнении, возможна в других местах за пределами рулевой рубки (внутренняя или внешняя установка). Блоки интерфейсов (БИ) для подключения внешних навигационных датчиков, смежных систем и рулевых машин устанавливается в консоли вблизи главного поста управления АР.

При движении судна вперед АР управляет курсом или траекторией судна с помощью рулевого устройства и не задействует главную силовую установку и подруливающие устройства. В процессе судовождения АР использует стороннюю электронно-картографическую навигационную информационную систему.

Гибкая архитектура АР позволяет устанавливать его на судах с одним или двумя независимыми рулями, с возможностью выбора импульсного или пропорционального режима управления рулевой машиной.

В системе АР предусмотрены два основных режима: АР для управления судном «Авто» и «Путевые точки» — «Управление по угловой скорости» или «Управление по радиусу». Выбранный режим управления отображается в нижней правой части дисплея пульта управления в виде значения ограничения по угловой скорости или радиусу поворота. Способ управления задается в меню «Настройка». Способ управления «Управление по радиусу» доступен, только если подключен датчик скорости (лаг).

Режим «Авто» АР является основным режимом управления и предназначен для управления судном согласно заданному курсу. При переключении в режим «Авто», текущий курс судна принимается как заданный. На экране пульта управления АР отображаются режим управления — «Авто», информация о текущем курсе и его источнике, заданный курс, текущая скорость, угловая скорость в градусах в минуту, режим поворота с ограничением по угловой скорости или радиусу поворота, а также шкала заданного и истинного положения руля.

Переключение в данный режим возможно только, когда доступны данные о курсе и значение истинного положения руля (в случае прямого управления пропорциональными или электромагнитными клапанами). Данные о курсе поступают от первого или второго гирокомпаса (HDT или THS сообщения) или магнитного компаса (HDG или HDM сообщения). Магнитный компас обычно используется только с целью мониторинга данных о курсе.

Данные о скорости могут поступать в АР в NMEA формате: VTG посылки — от спутникового приемника ГЛОНАС/GPS, датчика скорости или от импульсного датчика скорости. Значение скорости также может быть установлено вручную в меню настройки АР. Данные о скорости необходимы для настройки работы АР. Ручной ввод ис-

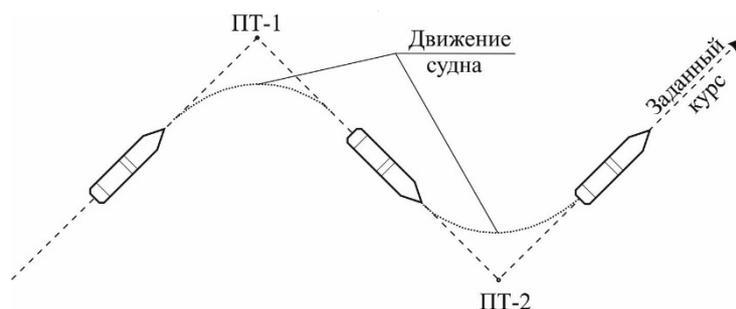


Рис. 4. Работа АР в режиме «Путевые точки»:
ПТ — путевая точка.

пользуется только в качестве резервного способа ввода данных (Рис. 3).

В режиме «Путевые точки» АР управляет движением судна на прямых участках маршрута. Курс для управления рассчитывается на основе данных об отклонении от траектории, пеленга на текущую путевую точку и направления плеча маршрута. На экране пульта управления АР отображаются: режим «Путевые точки» активирован, информация о текущем и заданном курсе судна, имя путевой точки, значение отклонения от траектории, оставшееся расстояние до путевой точки и пеленг на путевую точку.

Внешняя система управления траекторией последовательно по мере прохождения переключает путевые точки траектории. При смене имени путевой точки, авторулевой запрашивает подтверждение изменения курса для перехода на следующее плечо маршрута.

На экране отображается имя новой путевой точки, значение отклонения от траектории, пеленг на новую путевую точку, направление и ориентировочное значение изменения курса судна, срабатывает звуковой сигнал и отображается предупредительное сообщение «Новая путевая точка». Судоводитель принимает решение и подтверждает смену путевой точки (рис. 4).

Также доступны дополнительные восемь режимов работы АР для управления судном: 1. Простой — в режиме «Простой» АР не используется для управления судном. 2. Следящий — режим ручного управления, используя штурвал следящего управления, подключенный к АР; 3. Дистанционный — режим ручного управления, используя сигнал внешнего авторулевого, подключенный к АР; 4. Траектория — полное управление на прямых участках траектории маршрута и на поворотах между маршрутными точками. АР принимает заданные для удержания курс (HTS) и угловую скорость (ROT) от ЭКНИС; 5. Курс относительно грунта — автоматическое управление по заданному значению курса относительно земли; 6. Перехват управления — намеренный быстрый

переход из автоматического режима управления в «Простой»; 7. Речной — временный режим ручного управления по угловой скорости с помощью энкодера с панели АР; 8. Паром — изменение курса судна на 180°.

Во время работы АР постоянно осуществляется контроль наличия и качества информации о курсе и скорости судна. В случае отсутствия данных о курсе происходит срабатывание звуковой сигнализации и появляется предупредительное сообщение на дисплее пульта управления. Для задания курса судоводитель устанавливает направление движения судна и АР переводит судно на заданный курс.

На пульте управления АР в главном меню доступны изменения рабочих настроек авторулевого в процессе эксплуатации.

Также в АСУ «Нева» входят подсистемы: 1. Электрогидравлическая рулевая машина типа РМ (РГЭ.364344.001 ТУ); 2. Щит автоматики электрогидравлической рулевой машины типа «УРМ» (МС.468365.001 ТУ); 3. Система указателей положения пера руля (МС.453839.001 ТУ).

Электрогидравлическая рулевая машина позволяет осуществлять предельный угол поворота румпеля от среднего на каждый борт до 35 градусов при работе электроприводного агрегата — не более 28 секунд с расхождением показателей на пульте управления и фактическим положением руля по шкале рулевой машины не более одного градуса. Самоторможение рулевого привода обеспечивается работой двухстороннего гидрозамка в клапанной коробке.

При наличии нескольких постов управления электрическим приводом руля предусмотрен переключатель, обеспечивающий работу по выбору одного из постов.

Автоматика электрогидравлической рулевой машины имеет в своем составе органы дистанционного управления рулевой машиной:

- ◆ штурвал следящего управления;
- ◆ джойстик режима управления «Простой»;
- ◆ панель сигнализации;
- ◆ пульт управления насосами.

Подсистема указателей положения пера руля передает на пульт управления судном информацию об угле перекладки руля, она полностью независима от других подсистем автоматизированной системы управления судном «Нева». Минимальный состав подсистемы для одного независимого руля:

- ◆ датчик положения пера руля;
- ◆ калибратор указателей положения пера руля;
- ◆ указатель положения пера руля.

Автоматизированная система управления судном «Нева» и авторулевой «Урал-навигатор» показали хорошие результаты при сдаточных испытаниях на учебном судне «Надежда» в 2017 году. Элементы АСУ «Нева» установлены на такие суда как: морской танкер «Академик Пашин», паром «Аркадий Филатов» и других судах, построенных на Российских верфях. Все компоненты АСУ «Нева» прошли испытания в полном объеме на стендах аттестованных организаций по методикам испытаний, которые описаны в Технических Условиях, и утверждённым и согласованным с надзорными и контролирующими организациями морского и речного флота. Испытания показали, что:

- ◆ значительно снижается влияние человеческого фактора на безопасность плавания судна;
- ◆ повышается производительность труда вахтенного помощника капитана на 15–20%;
- ◆ происходит экономия расхода топлива и моторного масла за счет минимальных отклонений судна от заданной траектории движения до 5% и сокращается время перехода;
- ◆ повышается навигационная безопасность плавания за счет исключения отвлечений вахтенного помощника капитана от несения ходовой вахты

для производства штурманских расчетов и введения вручную необходимых поправок в авторулевой на 10%;

- ◆ обеспечивается снижение потери ходового времени до 3% за счёт более точного удержания судна на заданном курсе и уменьшения тормозящего действия корпуса и пера руля;
 - ◆ уменьшаются углы перекладки руля при автоматическом управлении на 20–30%, чем при ручном управлении, что приводит к меньшему износу рулевого устройства, экономии топлива и увеличению полезной мощности силовой установки судна.
1. При выполнении проводки судна под управлением АСУ «Нева» за счет оптимального расчета траектории движения и начала выполнения поворота судна, достигается существенная экономия топлива, судовых запасов и время нахождения судна пути. По расчетам сдаточных испытаний на учебном судне «Надежда» требуемых запасов на рейс и продолжительности рейса, экономия составляет 8–10% от управления судна в ручном режиме;
 2. АСУ «Нева» отличается в положительную сторону от других аналогичных систем типа EMRI, Sperry Marine, Raytheon Anschütz, FURUNO и тд. локализацией производства всех комплектующих в Российской Федерации, удобством поставки АСУ «Нева» и ее комплектующих заказчику.
 3. Отечественные разработки АСУ «Нева» и авторулевой «Урал-навигатор» по качеству не уступают зарубежным аналогам, в системах доступны передовые разработки в области автоматизации управления судами, при этом они значительно дешевле аналогичных импортных систем на 40–60%;
 4. По функционалу и техническим характеристикам указанные системы подходят для широкого круга судов гражданского речного и морского флота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев С.А., Гончар А. А., Стахно Р.Е. Основы квалиметрии, автоматизации и интеллектуализации систем организационного управления практической подготовкой в вузах МВД. / Наука, техника и образование. № 5 (35) Москва. изд. «Проблемы науки». 2017. С. 29–32.
2. Лосев Г.П., Шалимов Л. Н., Логачев А. В. Система автоматической проводки судна для ВВП РФ. Результаты испытаний /Navigation&Communication Magazine. Связь и навигация. Профессиональный журнал. Москва. изд. ООО «Издательский дом» № 4, 2012 г. С. 40–48.
3. Правила Российского речного регистра (с изменениями на 1 сентября 2016 года). Том 3. Минтранс России № НС-137-р от 11.11.2002.
4. Правила оборудования морских судов. Часть IV. Радиооборудование. Российский морской регистр судоходства № 2–020101–105 от 3.10.2017.

© Стахно Роман Евгеньевич (rstakhno2@mvd.ru), Дорофеев Александр Иванович (dorofeev@marine-systems.ru), Яковлева Наталья Александровна (kumirova@mail.ru), Гончар Артем Александрович (gonchar.tema@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»