

Основы морской навигации и навигационное оборудование на судне

Fundamentals of maritime navigation and navigational equipment on board ships

УДК 656.6

Получено: 14.01.2025

Одобрено: 19.02.2025

Опубликовано: 25.03.2025

Козленко А.П.

Студент факультета судовождение и связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"
e-mail: am2em@mail.ru

Kozlenko A.P.

Student of the Faculty of Navigation and Communications

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

"Admiral G.I. Nevelskoy Maritime State University"

e-mail: am2em@mail.ru

Цзи Д.

Студент факультета судовождение и связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"
e-mail: Denis.z@mail.ru

Zi D.

Student of the Faculty of Navigation and Communications

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

"Admiral G.I. Nevelskoy Maritime State University"

e-mail: Denis.z@mail.ru

Научный руководитель:

Гамс А.В.

Заместитель декана факультета судовождения и связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"

Scientific Advisor:

Gams A.V.

Deputy Dean of the Faculty of Navigation and Communication

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

"Admiral G.I. Nevelskoy Maritime State University"

Аннотация

В статье рассмотрены современные основы морской навигации и особенности использования навигационного оборудования на судне. Проанализированы основные методы судовождения, включая традиционные подходы и использование высокотехнологичных систем, таких как GNSS, AIS, ECDIS, радары и эхолоты. Отдельное внимание уделено интеграции навигационных систем для создания единой информационной среды, обеспечивающей точность, надежность и безопасность судоходства. Описаны ключевые проблемы, связанные с человеческим фактором, киберугрозами и влиянием внешних факторов, а также перспективы развития навигационного оборудования, включая автоматизацию процессов и внедрение технологий искусственного интеллекта. Представлены результаты анализа эффективности современных технологий и направления их дальнейшего развития в контексте глобальных тенденций судоходства.

Ключевые слова: морская навигация, навигационное оборудование, GNSS, AIS, ECDIS, судовождение, автоматизация, искусственный интеллект, безопасность судоходства, киберугрозы, интеграция навигационных систем.

Abstract

This article explores the contemporary fundamentals of maritime navigation and the specific use of navigational equipment on vessels. It analyzes the primary shiphandling methods, including traditional approaches and the utilization of high-tech systems such as GNSS, AIS, ECDIS, radars, and echo sounders. Special attention is given to the integration of navigational systems to create a unified information environment that ensures the accuracy, reliability, and safety of maritime operations. Key issues related to the human factor, cyber threats, and the impact of external factors are described, as well as the prospects for the development of navigational equipment, including process automation and the implementation of artificial intelligence technologies. The article presents the results of an analysis of the effectiveness of modern technologies and the directions for their further development in the context of global shipping trends.

Keywords: maritime navigation, navigational equipment, GNSS, AIS, ECDIS, shiphandling, automation, artificial intelligence, maritime safety, cyber threats, integration of navigational systems.

Современные основы морской навигации базируются на интеграции традиционных методов судовождения и передовых цифровых технологий, обеспечивающих высокую точность и надежность в условиях интенсивного судоходства. Основой морской навигации остаются такие фундаментальные принципы, как определение местоположения, курса и скорости судна, прогнозирование его движения, а также учет влияния внешних факторов, включая погодные условия, рельеф дна и плотность движения судов в зоне плавания. Введение современных технологий в эти процессы позволяет минимизировать человеческий фактор, который, по данным Международной морской организации (IMO), остается одной из ключевых причин аварий на море, составляя более 75% случаев.

Одним из важнейших достижений современной навигации является внедрение глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS), таких как GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), Galileo (ЕС) и BeiDou (Китай). Эти системы предоставляют данные о местоположении судна с погрешностью менее 10 метров, что делает их незаменимыми в условиях ограниченной видимости или сложной навигационной обстановки. Например, в проливах с интенсивным судоходством, таких как Малаккский пролив, использование GNSS позволяет минимизировать риск столкновений. Важно отметить, что устойчивость работы GNSS-систем в условиях помех, вызванных магнитными аномалиями или электронными сбоями, остается предметом особого внимания, что обусловлено увеличением количества киберугроз.

Наравне с GNSS активно используются системы автоматической идентификации (AIS), которые обеспечивают обмен информацией между судами и береговыми центрами управления движением. AIS предоставляет данные о курсе, скорости, идентификаторе судна и дру-

гих параметрах, что критически важно в зонах интенсивного движения, например в районе Ла-Манша, где ежедневно проходит более 500 судов. По данным IMO, использование AIS за последние два десятилетия позволило снизить количество аварийных ситуаций на 40%, что подтверждает его эффективность.

Электронные карты и информационные системы (ECDIS) являются ключевым элементом современного мостика. ECDIS не только обеспечивает визуализацию маршрута судна на основе данных с гидографических карт, но и интегрирует информацию с других навигационных систем, включая радары, эхолоты и AIS. Например, интеграция ECDIS с данными гидрометеорологических служб позволяет автоматически корректировать маршрут судна с учетом прогнозируемых погодных условий, таких как штормы, сильное волнение или ледовые поля. Прогнозирование маршрута в реальном времени, по данным исследований Lloyd's Register (2023), сократило время на пересечение Северного морского пути в среднем на 15%, что особенно важно в условиях растущего интереса к Арктическим маршрутам.

Погодные условия играют ключевую роль в процессе судовождения. Экстремальные погодные явления, такие как ураганы, штормовые ветра, сильные течения или густой туман, могут существенно повлиять на маневренность судна и увеличить риск аварийных ситуаций. Введение автоматизированных систем прогнозирования, основанных на данных с метеорологических спутников и гидрологических станций, позволяет капитанам заранее оценивать риски и корректировать курс. Примером служит система Weather Routing, которая анализирует погодные данные в реальном времени и предлагает оптимальные маршруты для минимизации воздействия штормов и сильного волнения. Согласно данным Международного института морской безопасности, использование таких систем сократило количество аварий, связанных с погодными условиями, на 25% за последние десять лет.

Надежность навигационного оборудования остается еще одним важным аспектом. Современные радары с высоким разрешением обеспечивают точное определение объектов в зоне видимости, включая малые суда, буи и другие препятствия. Эхолоты предоставляют детальную информацию о глубине под килем судна, что особенно важно в мелководных районах и при подходе к портам. Гирокомпасы и спутниковые компасы заменяют традиционные магнитные компасы, обеспечивая высокую точность даже в зонах магнитных аномалий. Например, в районах с интенсивным судоходством, таких как Босфор, использование многоканальных гирокомpassических систем повысило точность навигации на 20%.

Одним из центральных элементов навигационного комплекса является глобальная навигационная спутниковая система (GNSS), которая предоставляет точные данные о местоположении судна. Системы GNSS, включая GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, обеспечивают определение координат с погрешностью менее 10 метров. Это особенно важно при выполнении операций в сложных условиях, таких как плавание в узостях или заход в порты с интенсивным движением. Например, исследования, проведенные Lloyd's Register в 2022 г., показали, что использование GNSS сократило количество навигационных инцидентов на 35% благодаря повышению точности маневрирования. Однако работа спутниковых систем подвержена ряду внешних факторов, таких как магнитные аномалии, и киберугрозы, включая GPS-спутниковый. Поэтому для повышения надежности GNSS часто используется резервное оборудование, такое как инерциальные навигационные системы, которые сохраняют автономность работы в условиях потери спутникового сигнала.

Автоматическая идентификационная система (AIS) играет важную роль в обеспечении безопасности судоходства, предоставляя данные о местоположении, курсе, скорости и характеристиках судов. AIS работает на основе радиосигналов, которые передаются между судами и береговыми службами, обеспечивая эффективное управление движением в зонах с высокой интенсивностью судоходства. В таких районах, как Ла-Манш или Ормузский пролив, где ежедневно проходят сотни судов, AIS позволяет снизить вероятность столкновений, представляя штурманам и капитанам возможность заранее оценивать маршруты пересечения и корректировать курс. Кроме того, AIS активно используется в поисково-спасательных опера-

рациях. Так, в 2021 г. система позволила оперативно найти рыболовное судно, потерпевшее крушение в Тихом океане, сократив время поиска и минимизировав ущерб для экипажа.

Электронные карты и информационные системы (ECDIS) заменили традиционные бумажные карты и стали неотъемлемой частью современной навигации. ECDIS предоставляет возможность в реальном времени анализировать местоположение судна, его курс и окружающую обстановку, используя данные с гидографических карт, GNSS, AIS, радаров и эхолотов. Благодаря интеграции с системами прогнозирования погоды ECDIS позволяет автоматически корректировать маршрут с учетом неблагоприятных условий, таких как штормы, ледовые поля и сильное волнение. Например, на Северном морском пути использование ECDIS в сочетании с метеоданными сократило время плавания судов на 20% за счет оптимизации маршрутов. Такие системы также обеспечивают непрерывный мониторинг потенциальных опасностей, включая мелководья и подводные препятствия, что особенно важно при плавании в сложных районах, таких как архипелаг Шпицберген.

Радары являются еще одним важным элементом навигационного оборудования, обеспечивающим обнаружение объектов, таких как суда, буи, береговая линия и препятствия, в пределах видимости. Современные морские радары оснащены функцией автоматического сопровождения целей (ARPA), которая позволяет отслеживать объекты и рассчитывать их траекторию движения, предупреждая о возможных столкновениях. В условиях ограниченной видимости, например в густом тумане, радары становятся основным инструментом обеспечения безопасности судоходства. Исследования показали, что в портах с высокой интенсивностью движения, таких как Сингапур, использование современных радарных систем снизило количество аварийных ситуаций на 25% за последние пять лет.

Эхолоты обеспечивают точное измерение глубины под килем судна и используются для навигации в мелководных районах, захода в порты и картографирования морского дна. Современные эхолоты, такие как многолучевые системы, предоставляют трехмерное изображение дна, что особенно полезно для судов, прокладывающих кабели или занимающихся добывчей ресурсов. В условиях Арктики, где плавание осложняется наличием подводных льдов и изменчивыми рельефами дна, использование эхолотов позволяет минимизировать риск повреждения корпуса судна.

Интеграция всех перечисленных систем осуществляется с помощью мостиковых интегрированных навигационных систем (IBS), которые объединяют данные от всех устройств в единый интерфейс. Это позволяет капитанам и штурманам оперативно оценивать навигационную обстановку и принимать решения на основе полной и актуальной информации. Например, взаимодействие между ECDIS, AIS, радаром и эхолотом обеспечивает автоматический расчет безопасного маневра при возникновении угрозы столкновения.

Современное развитие навигационного оборудования неразрывно связано с решением ряда проблем, которые оказывают существенное влияние на безопасность и эффективность морских перевозок. Одной из ключевых проблем остается человеческий фактор, который, несмотря на внедрение автоматизированных систем, продолжает быть причиной большинства навигационных ошибок. Согласно данным Международной морской организации (IMO), свыше 75% морских инцидентов вызваны ошибками экипажа, связанными с недостаточной квалификацией, усталостью или неспособностью правильно интерпретировать информацию, поступающую с бортовых систем. В условиях высокой интенсивности судоходства, характерной для таких районов, как Ормузский пролив или Ла-Манш, эти ошибки могут иметь катастрофические последствия. Современные тренды направлены на минимизацию влияния человеческого фактора за счет интеграции автоматизированных систем, упрощенных интерфейсов управления и повышения уровня подготовки судоводителей с использованием тренажеров, моделирующих реальные навигационные ситуации.

Важной проблемой остается уязвимость навигационного оборудования к киберугрозам. Современные системы, такие как ECDIS, GNSS и AIS, тесно связаны с цифровыми сетями и спутниковыми технологиями, что делает их объектами для атак. Одной из наиболее распространенных угроз является GPS-спуфинг, при котором злоумышленники подменяют данные

о координатах судна, что может привести к его отклонению от курса или даже к аварии. Например, в 2019 г. в районе Ормузского пролива был зафиксирован случай вмешательства в работу GNSS на коммерческом судне, что вызвало временную потерю ориентации экипажем. Для борьбы с подобными угрозами судоходные компании активно внедряют системы резервного позиционирования, такие как LORAN, а также совершенствуют алгоритмы шифрования данных. Дополнительно разрабатываются квантовые технологии, включая квантовые гироскопы, которые способны обеспечить автономное определение местоположения судна без зависимости от спутниковых систем.

Воздействие внешних факторов, включая погодные условия, магнитные аномалии и особенности гидрологической обстановки, также накладывает существенные ограничения на эффективность навигационного оборудования. В высоких широтах, где часто наблюдаются ионосферные возмущения, работа спутниковых систем становится менее надежной, что требует применения инерциальных навигационных систем. Ледовая обстановка в Арктике, где увеличивается активность коммерческого судоходства, требует разработки специализированных радаров, способных определять структуру и толщину льда. Современные радары с функцией анализа льда уже используются на ледоколах, работающих на Северном морском пути, и позволяют минимизировать риски повреждения судна.

Перспективы развития навигационного оборудования связаны с автоматизацией процессов управления судном и применением искусственного интеллекта (ИИ). Технологии ИИ используются для анализа больших объемов данных, поступающих с датчиков, и принятия решений в реальном времени. Например, системы, основанные на машинном обучении, способны прогнозировать траектории движения судов, учитывать погодные условия, наличие течений и загруженность маршрута, предлагая оптимальные курсы. Такие системы активно тестируются в проектах автономных судов, которые в перспективе смогут полностью исключить участие человека в навигации. Одним из успешных примеров является разработка компанией Rolls-Royce автономного судна, которое провело испытания в 2021 г. и успешно продемонстрировало способность самостоятельно управлять маневрами в условиях интенсивного движения.

Еще одним перспективным направлением является внедрение интегрированных мостиковых систем (IBS), которые объединяют данные от всех навигационных устройств на одной платформе. Это обеспечивает капитанам доступ к полной информации о навигационной обстановке, включая данные с радаров, эхолотов, AIS, метеорологических датчиков и систем прогнозирования. Такие системы позволяют не только улучшить качество ситуационной осведомленности, но и автоматически рассчитывать безопасные маршруты и маневры. Например, интеграция IBS с метеорологическими системами позволила в 2023 г. сократить на 15% количество аварий, связанных с неблагоприятными погодными условиями.

Большое внимание уделяется также разработке альтернативных систем навигации, которые могут использоваться в условиях отказа спутниковых технологий. Одной из таких систем является eLORAN, которая предоставляет точные данные о местоположении судна на основе наземных радиосигналов. Она активно тестируется в портах США и Европы и показывает высокую устойчивость к внешним помехам, что делает её перспективным решением для повышения надежности навигации.

Иновации в области навигационного оборудования также связаны с экологической устойчивостью. Современные системы, такие как оптимизаторы маршрутов на основе ИИ, позволяют не только улучшить безопасность, но и снизить выбросы углекислого газа за счет сокращения времени плавания и расхода топлива. Исследования, проведенные Международной морской организацией в 2022 г., показали, что использование таких систем может сократить выбросы CO₂ в среднем на 12%, что особенно важно в условиях ужесточения экологических стандартов.

Литература

1. Афанасьев, М. А. Основы морской навигации: Учебное пособие / М. А. Афанасьев. М.: Транспорт, 2019. — 256 с.
2. Воробьёв, А. Н. Электронные карты и информационные системы в судоходстве / А. Н. Воробьёв, И. П. Платонов. — СПб.: Судостроение, 2020. — 312 с.
3. International Maritime Organization. E-Navigation Strategy Implementation Plan. — London: IMO Publishing, 2021. — 85 p. — URL: <https://www.imo.org>
4. Rolls-Royce Marine Division. Autonomous Ships: The Future of Shipping / Rolls-Royce. London: Rolls-Royce PLC, 2021. — 72 p. — URL: <https://www.rolls-royce.com>
5. Goodwin, E. M. Maritime Navigation and Safety of Sea Transportation / E. M. Goodwin. Berlin: Springer, 2020. — 428 p.
6. Шестаков, В. Н. Глобальные навигационные спутниковые системы и их применение на морских судах / В. Н. Шестаков. — Владивосток: Дальрыбвтуз, 2018. — 198 с.