

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

УДК 621.396.96:004.9

ГРНТИ 47.49.31

DOI: 10.34680/2076-8052.2023.1(130).119-128

Специальность ВАК 2.2.16

Научная статья

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАННЫХ РЛС И АИС ДЛЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ В МОРСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Ле Минь Хоанг, Коновалов А. А., Дао Ван Лук

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
(Санкт-Петербург, Россия)*

Аннотация Радиолокационная система (РЛС) и автоматическая идентификационная система (АИС) являются наиболее важными навигационными системами. Объединение данных от РЛС и АИС является актуальной задачей в морской информационной системе (МИС). Однако между РЛС и АИС есть некоторые различия по характеристикам и возможностям. В данной статье исследуются эти характеристики и оцениваются различия между ними. Это исследование является основой для решения задачи объединения данных РЛС и АИС. Приведены экспериментальные результаты в третьем разделе. Направление следующего этапа указано в заключении.

Ключевые слова: РЛС, АИС, навигационная система, объединения данных, морская информационная система

Для цитирования: Ле Минь Хоанг, Коновалов А. А., Дао Ван Лук. Анализ характеристики данных РЛС и АИС для объединения в морской информационной системе // Вестник НовГУ. 2023. 1(130). 119-128. DOI: 10.34680/2076-8052.2023.1(130).119-128

Research Article

ANALYSIS OF RADAR AND AIS DATA CHARACTERISTICS FOR COMBINING IN THE MARITIME INFORMATION SYSTEM

Le Minh Hoang, Konovalov A. A., Dao Van Luc

Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" (Saint Petersburg, Russia)

Abstract The radar and the Automatic Identification System (AIS) are the most important navigation systems. Combining radar and AIS data is an important task in the maritime information system. However, there are some differences between the radar and AIS in terms of characteristics and possibilities. This article explores these characteristics and evaluates the differences between them. This study is the basis for solving the problem of combining radar and AIS data. The experimental results are presented in the third section. The direction of the next stage is indicated in the conclusion.

Keywords: radar, AIS, navigation system, combining data, maritime information system

For citation: Le Minh Hoang, Konovalov A. A., Dao Van Luc. Analysis of radar and AIS data characteristics for combining in the maritime information system // Vestnik NovSU. 2023. 1(130). 119-128. DOI: 10.34680/2076-8052.2023.1(130).119-128

Введение

Моря покрывают три четверти поверхности Земли, а площадь океанов составляет более 360 миллион квадратных километров. Большая часть мировых грузопере-

возок осуществляется речным и морским транспортом. Кроме того, количество судов постоянно увеличивается. В результате требования к системам безопасности на водном транспорте повышаются. Одним из наиболее важных вопросов является предотвращение столкновений судов с плавательными средствами. С быстрым развитием различных морских навигационных систем появились новые системы для решения этой задачи, такие как ЭКНИС (Электронная картографическая навигационно-информационная система) или СОЭНКИ (Системы отображения электронных навигационных карт и информации) или ЭКС (электронная картографическая система) или АИС, методы обработки радиолокационных сигналов были улучшены. Оснащение этими системами каждого корабля потребовало разработки новых методов совмещения данных. Одним из наиболее важных является объединение данных от РЛС и АИС. Возможности и характеристики этих источников делают совмещения данных интересной задачей, как показано в [1].

Известно, РЛС являются незаменимыми навигационными приборами. Однако существуют некоторые недостатки, такие как низкая точность, легкое затенение рельефом местности и сложная идентификация целей.

АИС все шире используется на судах из-за требований ИМО (Международная морская организация) в целях повышения безопасности судоходность. АИС имеют массу преимуществ. Он может предоставлять не только информацию о статическом состоянии цели, включая название корабля, но и динамическое состояние, включая положение корабля, курс, скорость и т. д. Важнее, что АИС легко идентифицирует цель.

Преимущества и недостатки данных РЛС и АИС представлены в таблице 1.

Таблица 1. Преимущества и недостатки данных РЛС и АИС

РЛС	АИС
Доступны все цели, такие как берег, фиксированная или плавающая цель	Доступна только цель, оснащена AIS
Есть слепая зона	Отсутствует слепая зона
Под влиянием внешних факторов, таких как погода, топография и морские топографические условия	Менее подвержен влиянию погодных и морских условий
Количество целей не ограничено	Количество целей ограничено
Частота обновления всех целей одинакова	Частота обновления определяется скоростью изменения скорости и курса
Ошибки идентификации.	Ошибки идентификации не бывает
Низкая точность и малая информация	Высокая точность и богатая информация

В следующем разделе проанализируем различия характеристики данных РЛС и АИС, необходимые для решения задачи объединения данных РЛС и АИС.

Краткое описание РЛС и АИС

а) Краткое описание РЛС

РЛС является разновидностью независимого навигационного оборудования для обнаружения и измерения целей путём передачи электромагнитных волн и приёма эхо-сигнала, отражённого от целей в окружающей обстановке, как показано на рисунке 1. Она может получить информацию о целях следующим образом:

- дальность;
- пеленг;
- курс;
- скорость;
- дистанция кратчайшего сближения (D_{KP});
- время кратчайшего сближения (T_{KP}).

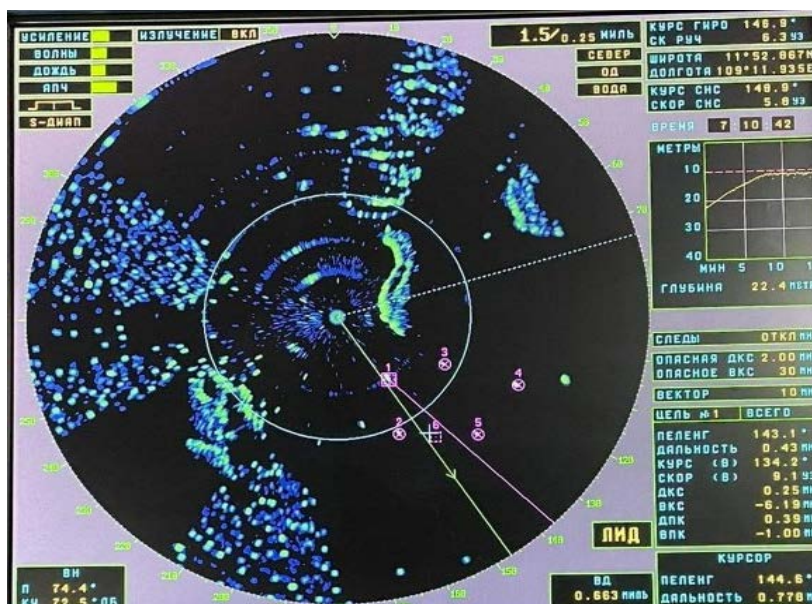


Рисунок 1. Отображение окружающих целей на индикаторе РЛС «Горизонт»

б) Краткое описание АИС

Автоматизированная идентификационная система (АИС) предназначена для автоматического обмена наиболее важными навигационными данными между судами и береговыми станциями [2]. АИС является новым типом корабельной навигационной системы. Её основная функция заключается в предоставлении важных данных, связанных с безопасностью судоходства, таких как идентификационная информация судна, информация о местоположении, параметры движения и статус навигации. Система передаёт сведения окружающим судам и береговым станциям для идентификации и наблюдения за судами. Передача сообщений АИС обязательна для судов валовой вместимостью 300 рег. тонн, совершающих международные рейсы; судов валовой вместимостью 500 рег. тонн, не совершающих международные рейсы; всех пассажирских судов. Суда и яхты с

меньшим водоизмещением могут быть оборудованы прибором класса Б (с усе-
щенным функционалом). В некоторых ситуациях (опасность нападения пиратов)
транспондеры АИС допустимо отключать.

В рамках взаимодействия с береговыми станциям АИС автоматически
предоставляет различную информацию, включая идентификацию судна, тип, ко-
ординаты, курс, скорость, эксплуатационное состояние судна и др.

АИС осуществляет передачу данных на двух УКВ-каналах с частотами
161,975 МГц (АИС Channel А, 87В) и 162,025 МГц (АИС Channel В, 88В) по прото-
колу SOTDMA (Self Organising Time Division Multiple Access – временное разделе-
ние каналов с самоорганизацией). Так же работает на спутниковом канале в ре-
жиме дальней связи по каналам ИНМАРСАТ-С [3, 4]. Применяется частотная модуля-
ция с манипуляцией GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). Условия распростра-
нения в диапазоне УКВ отличаются от диапазонов береговых радаров, они лучше
оглают препятствия, меньше ослабляются в осадках. Следовательно, зона дей-
ствия АИС может быть больше, чем радаров.

Каждая станция АИС передаёт данные в пределах временного слота дли-
тельностью 26,7 мс. Скорость передачи цифровой информации в канале АИС
9600 бит/с, что ограничивает объём сообщения 256 битами. В минуту помещается
2250 слотов. Распределением слотов между судами в открытом море занимается
протокол SOTDMA (SO – самоорганизующий), со стороны береговой станции
назначение слотов производится на канале DSC (канал 70).

Работа каждой станции АИС (мобильной или базовой) жёстко синхронизи-
рована по времени UTC с погрешностью не более 10 мкс от встроенного приёмни-
ка ГНСС (в РФ по сигналам комбинированного приёмника ГНСС ГЛОНАСС/GPS).
Для передачи информации используются непрерывно повторяющиеся кадры дли-
тельностью 1 минута, которые разбиваются на 2250 слотов (временных интерва-
лов) длительностью по 26,67 мс.

Система базовых станций АИС показана на рисунке 2.

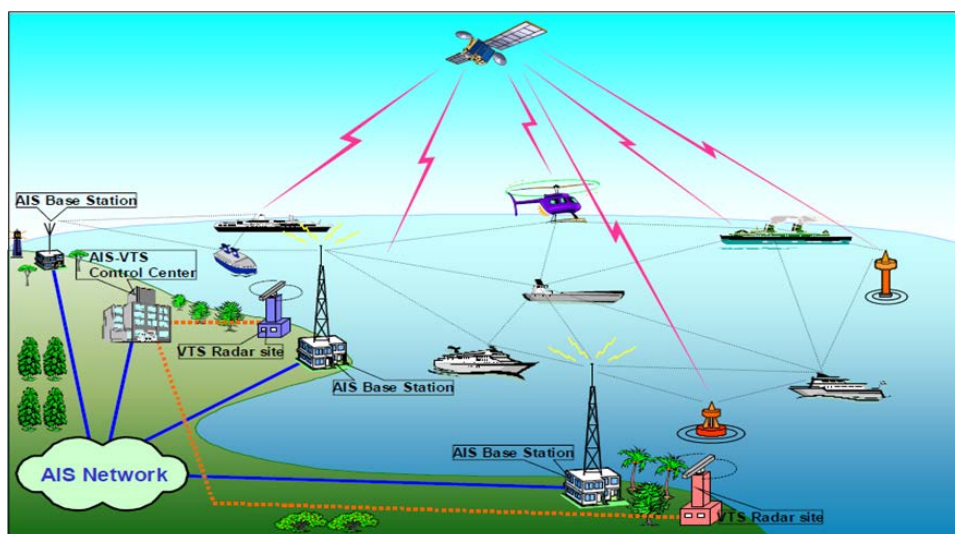


Рисунок 2. Система базовых станций АИС [4]

Информация AIS соответствует со стандартами NMEA (National Marine Electronics Association) включает следующих типов [5, 6]:

- статические данные: идентификационный номер морской подвижной службы MMSI; номер судна; название судна; тип судна; габариты; расположение антенн GNSS на судне;
- динамические данные: координаты судна; время в UTC; курс относительно грунта (COG); скорость относительно грунта (SOG); скорость поворота (ROT); углы качки и дифферента; навигационное состояние;
- рейсовые данные: осадка судна; наличие (тип) опасного груза; порт назначения и время прибытия;
- сообщения по безопасности.

Сравнительный анализ характеристики РЛС и АИС

а) Данных о местоположении цели

Методы описания положения обнаруженных целей РЛС и АИС различаются. АИС получает информацию о местоположении цели, которая предоставляет данные о размещении антенны GPS, описывая в географической системе координат ГСК (долгота и широта). РЛС использует временную задержку сигнала, перемещающегося туда и обратно, для измерения радиальных расстояний и использует азимутальный эхосигнал для измерения азимута, поэтому РЛС представляет описание положения в полярной системе координат. Следовательно, необходимо объединить обе системы в одну форму для представления информации о местоположении цели для следующей обработки. В основном, существует два варианта. Один заключается в преобразовании обоих сигналов в декартову систему координат и объединить их, другой либо в преобразовании АИС в полярные координаты радиолокационной формы, либо в преобразовании РЛС в географические координаты широты и долготы.

б) Функция автоматической идентификации

РЛС не может автоматически идентифицировать цель. Её метод сопровождения основан на отраженный сигнала на приёмник, который включает в себя обнаружение цели, оценку местоположения, расчёт и сохранение динамических параметров, экстраполяцию и сопровождение. АИС может автоматически идентифицировать цель. Она может получать идентификационный код (MMSI), динамические и навигационные данные. Она может автоматически сопровождать цели.

в) Надежность слеживания целей

На РЛС влияют морские помехи, ложные сигналы и низкая разрешающая способность. Таким образом, существуют проблемы радиолокационного сопровождения цели, такие как ложное или отсутствие сопровождения, потеря сопровождения и перепутывание сопровождения при пересечении траектории цели.

В ситуациях сближения и расхождения судов, много будет зависеть от разре-

шающей способности РЛС, которая эти цели обнаруживает. При сближении, до определённого момента будут обнаруживаться две цели и сопровождаться две траектории. После сближения РЛС будет выдавать одну отметку вместо двух. В этот момент две траектории сольются (на индикаторе) в одну, но по факту это будут две траектории, но обновляемые одной отметкой. После расхождения судов траектории также разойдутся и будут далее обновляться каждая своими отметками.

Если в реальности суда сблизились, шли какое-то время борт о борт, затем разошлись в обратных направлениях без пересечения траекторий (рисунок 3, а) – это одна ситуация. Если же траектории пересеклись (рисунок 3, б) – другая. Средствами радиолокации принять решение о том, какая ситуация имеет место, будет практически невозможно. Заранее задавать поведение судов в такой ситуации (например, всегда имеет место пересечение) – тоже неправильно.

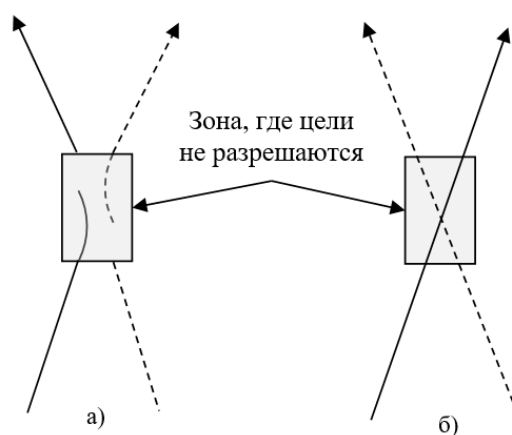


Рисунок 3. Ситуации сближение и расхождение

В АИС таких условий не существует. Ее автоматическая идентификация может повысить надежность отслеживания цели. Однако, когда цели, не оснащены АИС или оснащены, но она не включена, то отслеживание целей на основе данных АИС совершенно невозможно.

а) *Дальность действия*

Все цели могут быть обнаружены в зоне обзора РЛС. А АИС может отслеживать только цели, оснащённые АИС. Дальность действия АИС в основном режиме работы, использующем УКВ диапазон, зависит от высоты антенны и составляет порядка 20÷30 миль при нормальных условиях распространения радиоволн [7] и не зависит от размеров и ракурса судов-целей. Дальность действия АИС при внешней антенне, установленной на высоте 15 м – примерно 15–20 миль. Может быть и 40–50 (при более высокой установке антенны). В загруженных портах дальность может быть сокращена до 10–12 миль. РЛС работают в широком диапазоне частоты, поэтому дальности действия разные. На основе уравнения радиолокации, описано в [8], дальность действия РЛС зависит от мощности передатчика, рабочих частот, эффективной площади отражающей поверхности цели, т.д.

д) *Объём данных о цели*

АИС может получить больше данных о целях, чем РЛС. Как выше показано, основными данными АИС являются статические, динамические и рейсовые данные и т. д. РЛС получает только динамические данные. Он не может получить статические данные или данные, связанные с рейсом.

е) *Курса, скорости и других данных*

АИС получает данные о скорости, курсе и направлении целей от системы GPS и компаса. Данные о размере цели и положении антенны GPS вводятся вручную. Курс и скорость РЛС получают путём экстраполяции и слияния курса, которые связаны с историческими данными и могут иметь временную задержку. РЛС не выдает данные о размере цели.

Кроме того, если данные о цели получаются от нескольких РЛС, то имеют проблему асинхронности во времени. Их координаты и точность измерения различны. Поэтому, центр обработки должен объединить данные, чтобы сохранить отслеживание цели. Работа станции АИС жёстко синхронизирована по времени UTC с погрешностью не более 10 мкс от встроенного приёмника ГНСС. Поэтому эти проблемы для АИС не существуют. Сбор динамических данных от РЛС и АИС асинхронный. Период обновления данных не одинаков. РЛС не меняется и зависит от скорости вращения антенны, обычно составляет 3 секунды, а АИС изменяется от 2 секунд до 6 минут [3, 9], что представлено в таблице 2, в зависимости от различных навигационных состояний цели.

Таблица 2. Интервал передачи данных АИС

Навигационное состояние	Интервал передачи информации
Статическое:	6 мин., при изменении данных и по требованию
Динамическое:	
Судно на якорю, на швартовых или движущееся со скоростью менее 3 узлов	3 мин.
Судно на якорю, на швартовых или движущееся быстрее 3 узлов	10 сек.
Судно на ходу (0–14 узлов)	10 сек.
Судно на ходу (0–14 узла) и изменение курса	3,33 сек.
Судно на ходу (14–23 узла)	6 сек.
Судно на ходу (14–23 узла) и изменение курса	2 сек.
Судно на ходу (более 23 узлов)	2 сек.
Судно на ходу (более 23 узлов) и изменение курса	2 сек.
Рейсовое:	6 мин., при изменении данных и по требованию
Сообщения по безопасности:	При необходимости

Экспериментальное исследование

В ходе экспериментального исследования использовались данные, полученные с береговой радиолокационной станции Score 300, расположенной в Хонче, Вьетнам, с координатами $\varphi = 12^{\circ}12'26''\text{N}$ и $\lambda = 109^{\circ}19'26''\text{E}$. РЛС Score 300 работает в диапазоне X с частотой 300 МГц, дальность действия до 130 км [10]. Данные снимаются в 10 различных моментах времени с 3-минутным интервалом. Отслеживаемый корабль имеет Тайское гражданство с именем ALINYA. Рисунок 4 представляет собой сравнение по положениям, полученным из двух источников данных РЛС и АИС. На рисунке 5 представлено сравнение по курсам, на рисунке 6 – сравнение по скоростям.

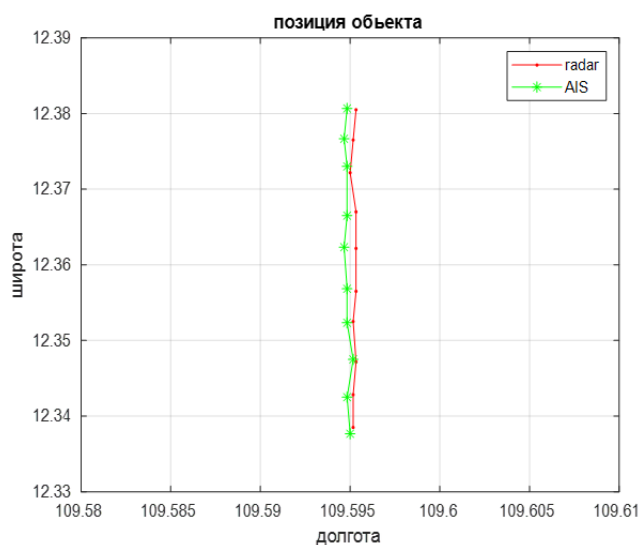


Рисунок 4. Координат цели от РЛС и АИС

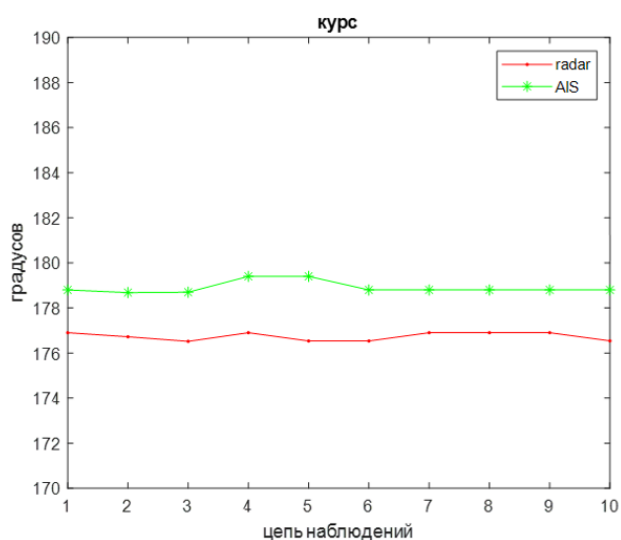


Рисунок 5. Курс цели

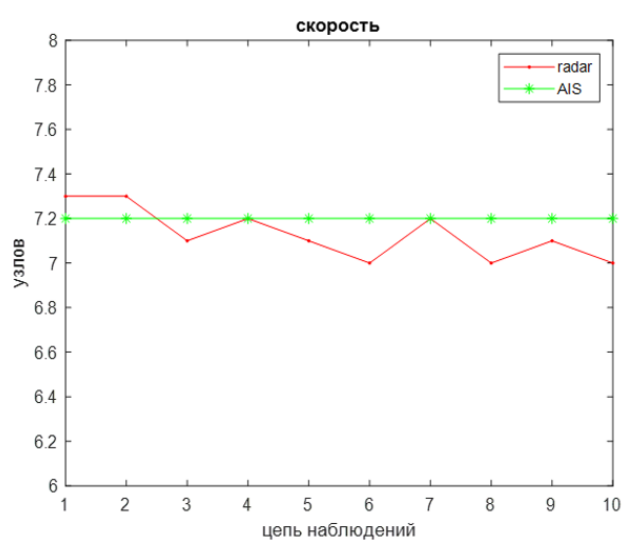


Рисунок 6. Скорость цели

Заключение

В ходе исследований был проведён сравнительный анализ характеристики данных РЛС и АИС. Экспериментальные результаты показали разницу по местоположениям, скоростям и курсам между данными РЛС и АИС. Видно, что данные, полученные от АИС, более стабильны, чем от РЛС. Также можно сделать вывод, что объединение данных РЛС и АИС возможно и актуально. На следующем этапе будет проведён анализ архитектуры объединения данных и предложена структурная схема объединения данных в МИС.

Список литературы

1. Ле Минь Хоанг. Необходимость объединения данных РЛС и АИС для морской навигации // Инфокоммуникационные технологии в цифровом мире: сборник докладов 11-й научно-технической школы-семинара, Санкт-Петербург, 8-10 декабря 2021 г. Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. С. 23-25.
2. Рекомендация МСЭ-R М.1371-5 (02/2014). Технические характеристики автоматической системы опознавания, использующей многостанционный доступ с временным разделением в полосе ОБЧ морской подвижной службы. ITU, 2015. URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1371-5-201402-I!!PDF-R.pdf (Дата обращения: 25.05.2022).
3. Кошевой В. М., Шишкин А. В., Купровский В. И. Система и устройства автоматической идентификации судов: учебное пособие. Одесса, ОНМА, 2005. 116 с.
4. АИС (AIS) – универсальная система для профессионалов и любителей // MARINEQ: сайт. URL: <https://seacomm.ru/dokumentaciya/stati/ais-ais-universalnaya-sistema-dlya-professionalov-i-lyubiteley/> (Дата обращения: 21.03.2022).
5. Revised Guidelines for the on board operational use of shipborne automatic identification systems (AIS) // Inter. Maritime Organization (IMO). 2015, 14 Dec. A.1106(29). URL: [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/AIS/Resolution%20A.1106\(29\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/AIS/Resolution%20A.1106(29).pdf) (Дата обращения: 11.05.2022).
6. Adoption of New and Amended Performance Standards for Navigational Equipment // International Maritime Organization (IMO). 1998, 8 Dec. URL: [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.86\(70\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.86(70).pdf) (Дата обращения: 11.05.2022).
7. Вагущенко Л. Л., Вагущенко А. Л. Поддержка решений по расхождению с судами: учебное пособие. Одесса, Феникс, 2010. С. 30.
8. Бакулев П. А. Радиолокационные системы: учебник для вузов. Москва, Радиотехника, 2004. 320 с.
9. Временное руководство по использованию автоматической информационной (идентификационной) системы (АИС) на судах и в береговых службах. Москва, 2002. URL: http://www.marcomm.ru/UserFiles/Files/Doc/suds_ais.pdf (Дата обращения: 25.04.2022).
10. Radartutorial.eu // URL: <https://www.radartutorial.eu/19.kartei/07.naval/karte075.en.html> (Дата обращения: 25.04.2022).

References

1. Le Minh Hoang. Neobkhodimost' ob'yedineniya dannykh RLS i AIS dlya morskoy navigatsii [The need to combine radar and AIS data for maritime navigation]. Infocommunication technologies in the digital world: a collection of reports of the 11th scientific and technical school-seminar, St. Petersburg, December 8-10, 2021. St. Petersburg, St. Pe-

tersburg Electrotechnical University "LETI", 2021. P. 23-25.

2. Recommendation ITU-R M.1371-5 (02/2014) "Technical characteristics of an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band". ITU, 2015. Available at: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1371-5-201402-I!!PDF-R.pdf (Accessed: 25.05.2022).

3. Koshevoy V. M., Shishkin A. V., Kuprovsky V. I. Sistema i ustroystva avtomaticheskoy identifikatsii sudov [System and devices for automatic identification of ships]. Odessa, ONMA, 2005. 116 p.

4. AIS – universal'naya sistema dlya professionalov i lyubiteley [AIS – a universal system for professionals and amateurs]. Available at: <https://seacomm.ru/dokumentaciya/stati/ais-ais-universalnaya-sistema-dlya-professionalov-i-lyubiteley/> (Accessed: 21.03.2022)

5. Revised Guidelines for the on-board operational use of shipborne automatic identification systems (AIS). International Maritime Organization (IMO), 2015. Available at: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/AIS/Resolution%20A.1106\(29\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/AIS/Resolution%20A.1106(29).pdf) (Accessed: 11.05.2022).

6. Adoption of New and Amended Performance Standards for Navigational Equipment. International Maritime Organization (IMO), 1998. Available at: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.86\(70\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.86(70).pdf) (Accessed: 11.05.2022).

7. Vagushchenko L. L., Vagushchenko A. L. Podderzhka resheniy po raskhozhdeniyu s sudami: uchebnoye posobiye [Support for decisions on divergence of watercrafts: Educational guidance]. Odessa, Phoenix, 2010. P. 30.

8. Bakulev P. A. Radiolokatsionnyye sistemy: uchebnyy dlya vuzov [Radar systems: Textbook for universities]. Moscow, Radio engineering, 2004. 320 p.

9. Vremennoye rukovodstvo po ispol'zovaniyu avtomaticheskoy informatsionnoy (identifikatsionnoy) sistemy (AIS) na sudakh i v beregovykh sluzhbakh [Interim guidance on the use of the automatic information (identification) system (AIS) on ships and in coastal services]. Moscow, 2002. Available at: http://www.marcomm.ru/UserFiles/Files/Doc/suds_ais.pdf (Accessed: 25.04.2022).

10. Radartutorial.eu // Available at: <https://www.radartutorial.eu/19.kartei/07.naval/karte075.en.html> (Accessed: 25.04.2022).

Информация об авторах

Ле Минь Хоанг – аспирант, инженер, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет имени В.И. Ульянова (Ленина) (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-8913-3296, lehoang.navy@gmail.com

Коновалов Александр Анатольевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет имени В.И. Ульянова (Ленина) (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0009-0004-1943-5394, al_an_kon@mail.ru

Дао Ван Лук – аспирант, инженер, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет имени В.И. Ульянова (Ленина) (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-8006-3076, daolucvtl01@gmail.com