ВЕСТНИК
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-2-176-183

PROCEDURE FOR SYNTHESIZING SOURCES OF SAFETY INFORMATION IN THE COASTAL AREAS OF THE NORTHERN SEA ROUTE EASTERN PART

V. I. Menshikov[1], S. Yu. Razvozov[2], A. N. Anisimov[3]

[1] — Murmansk State Technical University, Murmansk, Russian Federation
[2] — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russian Federation
[3] — FSUE "Hydrographic Enterprise", St. Petersburg, Russian Federation

The justification for the need to introduce the NAVTEX system, providing vessels with the navigation safety information, relating directly to the navigation area of the vessel, into the areas of the Northern Sea Route that are poorly equipped in terms of navigation, is given. It will improve the safety and efficiency of shipping in the coastal areas of the Arctic Ocean. The task of synthesizing sources of safety information (Navtex system) for the under-equipped areas of the Arctic Ocean adjacent to the Northern Sea Route is considered. The cumulative imbalance of counter information flows from the NAVTEX stations can be the main reason for the information oversupply of the navigational data needed to make decisions on maritime safety and it is selected as a criterion for assessing the synthesis quality. It is proposed to solve this problem on the basis of an optimization-simulation approach to the synthesis of the large-scale systems, in which at formalization of this task is recommended to use the limitations of two types: the analytical limitations, presented in the form of requirements for the parameters of the synthesized NAVTEX system and the algorithmic limitations, reflecting the requirements for the functional parameters of the NAVTEX system (usually, the complexity of these parameters does not allow to express them analytically). A graphic version of the procedure for the synthesis of the system of navigational information sources, which includes solving two specific problems, is presented. Firstly, it is the problem of finding the splitting of many stations into specific service areas, minimizing the target function at the specified restrictions, and secondly, it is the problem of assessing the total information activity for receiving, processing and broadcasting safety information in the zone of a particular station when transmitting signals from a nearby station.

Keywords: synthesis procedure, information sources, optimization-simulation approach, safety of navigation, poorly equipped areas of the NSR.

For citation:
Menshikov, Vyacheslav I., Sergey Yu. Razvozov, and Aleksandr N. Anisimov. "Procedure for synthesizing sources of safety information in the coastal areas of the Northern Sea Route eastern part." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 13.2 (2021): 176–183. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-2-176-183.

УДК 656.61.052

ПРОЦЕДУРА СИНТЕЗА ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ ПО БЕЗОПАСНОСТИ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

В. И. Меньшиков[1], С. Ю. Развозов[2], А. Н. Анисимов[3]

[1] — ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», г. Мурманск, Российская Федерация
[2] — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
[3] — ФГУП «Гидрографическое предприятие», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Приведено обоснование необходимости внедрения в недостаточно оборудованных в навигационном плане районах Северного морского пути системы НАВТЕКС, обеспечивающей суда информацией по безопасности плавания, привязанной непосредственно к району плавания судна, что позволяет повы-

сить безопасность и эффективность морских перевозок в прибрежных районах Северного Ледовитого океана. Рассматривается задача синтеза источников информации по безопасности (система НАВТЕКС) для слабо оборудованных в навигационном плане районов Северного Ледовитого океана, прилегающих к Северному морскому пути. В качестве критерия оценки качества синтеза выбран суммарный дисбаланс встречных информационных потоков от станций НАВТЕКС, поскольку он может являться основной причиной избытка навигационной информации, необходимой в процессе принятия решений по обеспечению безопасности мореплавания. Предлагается процедура решения данной задачи на основе оптимизационно-имитационного подхода к синтезу крупномасштабных систем, в которой при формализации рекомендовано использовать ограничения двух видов: аналитические ограничения, предоставляемые в виде требований к параметрам синтезируемой системы НАВТЕКС, и алгоритмические ограничения, отражающие требования к функциональным параметрам системы НАВТЕКС (как правило, сложность этих параметров не позволяет выразить их аналитически). Представлен графический вариант модели процедуры синтеза системы источников навигационной информации, которая включает решение двух конкретных задач: во-первых, задачи поиска разбиения множества станций на конкретные зоны обслуживания с минимизацией целевой функции при заданных ограничениях и, во-вторых, задачи оценки суммарной информационной деятельности по приему, обработке и трансляции информации по безопасности в зоне конкретной станции при передаче сигналов с соседней станции.

Ключевые слова: процедура синтеза, источники информации, оптимизационно-имитационный подход, безопасность мореплавания, слабо оборудованные районы СМП.

Для цитирования:
Меньшиков В. И. Процедура синтеза источников информации по безопасности в прибрежных районах восточной части Северного морского пути / В. И. Меньшиков, С. Ю. Развозов, А. Н. Анисимов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 2. — С. 176–183. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-2-176-183.

Введение (Introdaction)

Развитие морской деятельности в Российской Федерации представляет приоритетную задачу в области реализации многих экономических проектов в Арктике. «Государственная программа развития судостроения на 2013–2030 гг.» подтверждает применение СМП в качестве международной транзитной магистрали как одного из направлений государственной политики. Успех практического внедрения этих направлений напрямую связан, во-первых, с разработкой новых технологий, разработкой и созданием современных проектов морских транспортных, специальных судов и ледоколов, конструктивно соответствующих требованиям безопасного их использования на акватории Арктического бассейна, и, во-вторых, с реализацией задач оборудования СМП устройствами, обеспечивающими мореплавателей надежной и достоверной информацией по обеспечению безопасности (система НАВТЕКС) для недостаточно оборудованных в навигационном плане районов СМП [1].

Текст Международного кодекса для судов, эксплуатируемых в полярных водах [2] (далее — Полярный кодекс), был принят в 2014 г. и затем в виде новой гл. XIV «Меры безопасности для судов, эксплуатирующихся в полярных водах» введен в Международный кодекс СОЛАС-74 в январе 2017 г. Полярный кодекс ставит задачи по разработке национальных норм и правил, обеспечивающих и регламентирующих безопасное ледовое плавание судов на СМП. Обзор навигационных аварий и инцидентов с судами [3] при плавании во льдах показывает, что наблюдаемый уровень аварийности в основном обусловлен ошибками судовождения (38,7 %) и недостатками в организации ледового плавания судов. Отмечается недостаточная компетентность судоводителей в оценке складывающейся ледовой обстановки и технических возможностей своего суда.

Нестандартные навигационные ситуации в процессе ледового плавания судов по СМП можно предотвратить, обеспечивая безопасность судоходства современными надежными средствами навигации. Считается, что полностью избежать ледовых инцидентов невозможно [4], однако уменьшить их появление можно при условии владения особыми приемами управления судном во льдах капитаном и его помощниками. Судоводительский опыт ледового плавания наработан в течение длительного периода времени безаварийной работы, и сегодня капитаны вынуждены компенсировать своим профессиональным мастерством как недостаток плавучих и береговых СНО, невозможность получения информации по безопасности мореплавания, так и отсутствие данных

маневренных элементов судна при плавании во льдах. В работах [5]–[8] исследованы проблемы СМП и пути их решения.

Находящееся в структуре Госкорпорации по атомной энергии «Росатом» ФГУП «Гидрографическое предприятие» в процессе своей деятельности выполняет сбор, анализ и передачу информации по безопасности мореплавания в арктических морских районах HABAREA XX и HABAREA XXI, однако оперативное научно-техническое обслуживание района не соответствует надлежащему уровню.

Развитие навигационно-гидрографического обеспечения СМП может быть достигнуто только созданием системы НАВТЕКС для недостаточно оборудованных в навигационном плане районов Северного Ледовитого океана. Внедрение в этих районах системы НАВТЕКС должно дать возможность получать на судах, идущих по СМП, информацию по безопасности, привязанную непосредственно к району плавания судна. Это позволит значительно повысить как безопасность, так и эффективность морских перевозок особенно в малоизученных прибрежных районах Северного Ледовитого океана [9].

Методы и материалы (Methods and Materials)

Создание единой информационной системы станций НАВТЕКС в недостаточной степени навигационно-оборудованных районах СМП предусматривает последовательное решение двух видов задач:

– поиск разбиения множества информационно-образующих и информационно-поглощающих элементов на зоны принадлежности к СМП, минимизирующих суммарный дисбаланс информационных потоков между станциями в передаче информации по безопасности;

– определение мест размещения станций НАВТЕКС, минимизирующих объем информационной деятельности коммуникационной системы.

В качестве критерия оптимизации задачи был выбран суммарный дисбаланс встречных информационных потоков от станций НАВТЕКС, так как он может являться основной причиной информационного избытка навигационных данных, необходимых для принятия решений по обеспечению безопасности мореплавания в недостаточно оборудованных районах Северного Ледовитого океана по трассе СМП [10].

Пусть далее $R = \{E_j / j = 1, 2^n\}$ — семейство всех подмножеств E_j множества станций НАВТЕКС в рассматриваемом регионе СМП:

$$E^n = \{1, 2, \ldots, i, n\},$$

где n — количество станций в этом регионе.

Для определения k-го разбиения множества E^n используем множество индексов J_k подмножеств E_j, составляющих k-разбиение E^n, причем J_h является таким множеством индексов E_j, которое должно отвечать условиям вида:

$$\cup E_j = E^n; E_j \cap \underset{j' \in J_k}{E_{j'}} = \varnothing \forall j;\ j' \in J.$$

Тогда k-разбиением множества E^n будет являться подмножество P_k ($P_k \subseteq P$):

$$P_k = \{E_j / = j \in J_k\}.$$

В качестве величины, способной охарактеризовать дисбаланс от встречных информационных потоков зоны обслуживания j-й станции, можно принять значение

$$\alpha_j = |\sum_{j}^{i \in E} \sum_{j}^{i \notin E} (\alpha_{ii'} - \alpha_{i'i})|, \quad (1)$$

где $\alpha_{ii'}$ — информационный поток от станции i к станции i'.

Суммарный дисбаланс между станциями НАВТЕКС для k-го варианта разбиения можно определить следующим образом:

$$Z = \sum \alpha_j x_j, \quad (2)$$

если

$$x_j = \begin{cases} 1, \text{ если } j \in J_k; \\ 0, \text{ если } j \notin J_k, \end{cases}$$

где J — множество индексов из подмножества E_j, которые могут быть включены в зоны обслуживания станциями НАВТЕКС.

При формализации задачи синтеза системы станций НАВТЕКС должны использоваться ограничения, которые следует разделить на следующие два типа:

– *аналитические ограничения*, представляемые в виде требований к параметрам системы НАВТЕКС;

– *алгоритмические ограничения*, отражающие требования к функциональным параметрам системы НАВТЕКС (как правило, сложность этих параметров не позволяет выразить их аналитически).

При решении поставленной задачи синтеза цепи станций НАВТЕКС в первую очередь, необходимо учитывать следующие требования, предъявляемые к аналитическим ограничениям:

1. Выполнение условий непересекаемости подмножеств в разбиении и полноты покрытия подмножествами разбиения всего множества пунктов в рассматриваемом районе СМП

$$\sum_{j \in J} t_{ij} x_j = 1, \ i \in E^n, \tag{3}$$

где $t_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } i \in \hat{I}E_j; \\ 0, \text{ если } I \notin \hat{I}E_j. \end{cases}$

2. Ограничение количества зон обслуживания станциями НАВТЕКС:

$$Q^T_{\min} \le \sum_{j \in J} x_j \le Q^T_{\max}, \tag{4}$$

где $Q^T{}_{\min}$, $Q^T{}_{\max}$ — соответственно минимально и максимально допустимое количество зон в системе в недостаточно оборудованном в навигационном отношении районе СМП.

3. Ограничение количества станций, осуществляющих передачу информации по безопасности в каждой зоне, где это возможно:

$$\sum_{i \in E}^{n} b_i t_{ij} x_j \ge 1, \ j \in J, \tag{5}$$

где $b_i = \begin{cases} 1, \text{ если в } i\text{-й зоне возможна установка станции НАВТЕКС;} \\ 0 \text{ — в противном случае.} \end{cases}$

4. Ограничение количества станций в j-й зоне обслуживания движения судов по трассе СМП:

$$Q^{\text{д}}_{\min} \le \sum_{i \in E}^{n} t_{ij} \le Q^{\text{д}}_{\max}, \ j \in J, \tag{6}$$

где $Q^{\text{д}}_{\min}$ и $Q^{\text{д}}_{\max}$ — соответственно минимально и максимально допустимые количества станций НАВТЕКС в обслуживаемой зоне.

5. Соблюдение допустимых расстояний между станциями в j-й зоне:

$$d_{ii} t_{ij} t_{i'j} \le L^{\text{д}}, \forall i, i' \in E^n, \ j \in J, \tag{7}$$

где $L^{\text{д}}$ — допустимое расстояние между станциями в зоне обслуживании; $d_{ii'}$ — расстояние между станциями i и i'.

6. Соблюдение дальности действия между j-й станцией и станциями j-й зоны:

$$d_{ii} t_{ij} \le L^{\text{д}}_{\text{т}} \forall i' : b_{i'} = 1, \ j \in J, i \in E^n, \tag{8}$$

где $L^{\text{д}}_{\text{т}}$ — допустимое расстояние между j-й станцией и станциями j-й зоны обслуживания.

7. Соблюдение допустимой величины суммарного информационного потока, получаемого и излучаемого на *j*-й станции:

$$\sum_{i\in E}^{n}\sum_{i\in E}^{n}(\alpha_{ii'}+\alpha_{i'i})t_{ij}\left(1-t_{i'j}\right) \le \ < W_j >,\ j\in J, \tag{9}$$

где $<W_j>$ — мощность излучения *j*-й станции, определяемая мощностью сигнала за период $\tau_т$.

Кроме того, при решении поставленной задачи должны дополнительно учитываться следующие алгоритмические ограничения:

– величины коэффициента использования информационного потока:

$$K_{\text{ГР}}(P_k, N_A A^{\text{Г}} D,\ n_j^{\text{пр.м}}) \ge K_{\text{ГР}}^{H}; \tag{10}$$

– величины коэффициента прохождения сообщений:

$$K_{\text{пр}}(P_k, N_A A^{\text{Г}}, D,\ n_j^{\text{пр.м}}) \ge K_{\text{пр}}^{\text{н}}; \tag{11}$$

– времени поступления сообщений в судовую аппаратуру (судовой приемник НАВТЕКС):

$$T_{\text{т}}(P_k, N_A A^{\text{г}}, D,\ n_j^{\text{пр.м}}) \le T^{\text{Н}}, \forall m \in M; \tag{12}$$

– величины временной задержки сигналов на станциях:

$$\tau_{\text{т}\,j}(P_k, N_A A^{\text{г}}, D,\ n_j^{\text{пр.м}}) \le \tau^{\text{Н}}, \forall m \in M; \tag{13}$$

– средней скорости прохождения сигналов по радиотрассам:

$$V_{\text{тех}}(P_k, N_A A^{\text{г}}, D, n_j^{\text{пр.м}}) \ge V_{\text{тех}}^{\text{н}}, \tag{14}$$

где $K_{\text{гр}}$ и $K^{\text{н}}_{\text{гр}}$ — соответственно фактический и нормативный коэффициенты использования информационного потока; $K_{\text{пр}}$ и $K^{\text{н}}_{\text{пр}}$ — соответственно фактический и требуемый коэффициенты передачи сообщений по безопасности; $T_{\text{т}}$ и $T^{\text{н}}$ — соответственно фактический срок доставки *n*-го сообщения и требуемый срок доставки сообщения в судовую спутниковую аппаратуру (СНА); M — множество индексов сообщений; $V_{\text{тех}}$ и $V^{\text{н}}_{\text{тех}}$ — соответственно фактическая и требуемая средняя скорость прохождения сигналов; $\tau_{\text{т}j}$ — фактическая инерционность станции прослеживания т-сообщения на *j*-й станции; $\tau^{\text{н}}$ — нормативная инерционность станции; N_A — множество характеристик навигационного сообщения (количество параметров и распределение их по сообщениям); $A^{\text{г}}$ — матрица информационных потоков в регионе, $A^{\text{г}} = \left|\alpha_{ii'}\right|$; D — матрица расстояний между станциями в регионе по трассе СМП; $D = \left|d_{ii'}\right|$; $N_j^{\text{пр}}$ — количество сообщений, обрабатываемых и транслируемых *j*-й станцией.

Таким образом, первая задача, состоящая в поиске разбиения множества станций на конкретные зоны обслуживания, заключается в минимизации целевой функции (2) при ограничениях (3)–(14). В то же время для формализации второй задачи необходимо ввести понятие *суммарной информационной деятельности* по приему, обработке и трансляции информации по безопасности в зоне *j*-й станции при передаче сигналов с *n*-й станции.

Результаты (Results)

Для формализации второй задачи определения мест размещения станций НАВТЕКС, минимизирующих объем информационной деятельности коммуникационной системы, необходимо использовать понятие суммарной информационной работы по приему информации и ее трансляции в зоне *j*-й станции при размещениях данной информации на *i*-й станции. Эту суммарную информационную работу определим в виде

$$\beta_{ij} = \sum_{i^*\in E}^{n}\sum_{i'\in E}^{n}(\alpha_{i^*i'}+\alpha_{i'i^*})d_{ii'}t_{i'j}\left(1-t_{i^*j}\right),\ j\in J, i: b_i = 1. \tag{15}$$

Тогда вторую задачу можно сформулировать следующим образом:

$$\sum_{k}^{j^*\in J}\sum_{j}^{i\in E}\beta_{ij}y_{ij} \to \min, \tag{16}$$

где $y_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если в } i\text{-й зоне размещается } j\text{-я станция НАВТЕКС;} \\ 0, \text{ если в } i\text{-й зоне не размещается } j\text{-я станция НАВТЕКС.} \end{cases}$

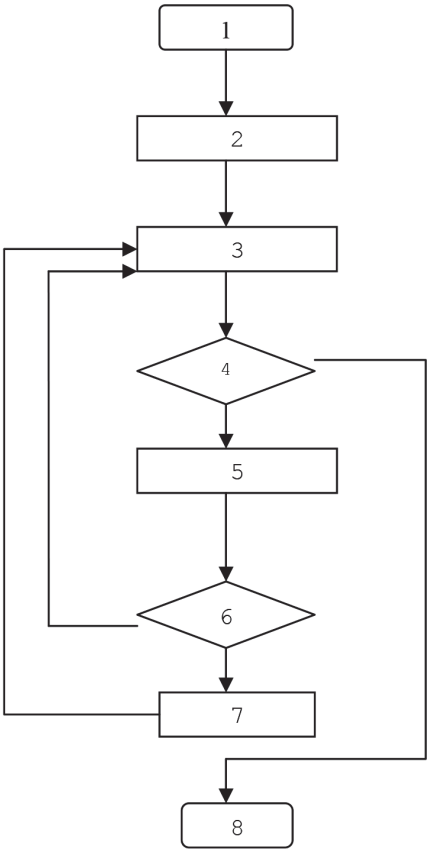
В данном случае при ограничениях количества станций в каждой зоне:

$$\sum_{i}^{i:b=1} y_{ij} = 1,\ j \in J_k, \tag{17}$$

и ограничении расстояния между ними в этой же зоне:

$$L_{\min} \le d_{ii'} y_{ij} y_{i'j'} \le L_{\max},\ \text{где}\ \ i \in E_j, i' \in E_j,\ j, j' \in J_k, \tag{18}$$

формализованные постановки первой и второй задачи ограничения (4)–(8) и (18) отражают требования в соответствии с техническим заданием к процедуре синтеза системы НАВТЕКС в недостаточно оборудованных в навигационном плане районах СМП (рисунок). Данные требования связаны как с ограничениями, установленными для капитальных вложений, используемых для создания самих станций, так и с ограничениями, связанными с количеством судов, принимающих информацию от станции, и с дальностью действия этих станций.



Блок-схема процедуры синтеза станций НАВТЕКС
в единую информационную систему
для недостаточно оборудованных районов СМП

Процедура синтеза станций НАВТЕКС в единую систему для недостаточно оборудованных районов СМП может быть представлена блок-схемой процедуры в виде восьми последовательных этапов:

этап 1 — ввод исходных данных;

этап 2 — генерация семейства станций НАВТЕКС в недостаточно оборудованных зонах обслуживания СМП;

этап 3 — определение с помощью оптимизационного алгоритма варианта системы, отвечающей вводимым аналитическим ограничениям;

этап 4 — проверка, получения допустимого вариант структуры со значением критерия не хуже рекорда;

этап 5 — проведение машинного эксперимента с имитационной моделью системы для полученного варианта структуры;

этап 6 — проверка допустимости варианта структуры формально заданным ограничениям;

этап 7 — запоминание варианта структуры системы, из вариации рекордов;

этап 8 — вывод полученных данных.

Заключение (Conclusion)

При синтезе структуры станций НАВТЕКС в процессе передачи информации по безопасности на суда в недостаточно оборудованных в навигационном плане районах Северного Ледовитого океана, кроме указанных ограничений, которые должны быть представлены в виде аналитических функций от системных характеристик и элементов самой структуры, должны быть заданы дополнительные ограничения, являющиеся сложными функциями характеристик синтезируемой информационной системы НАВТЕКС, представленными в формализованном виде. Данные ограничения должны отражать существенные динамические аспекты функционирования синтезируемой системы НАВТЕКС и ее отдельных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лысенко Ю. Н.* Метод обеспечения безопасности плавания судов на основе оценки функционального состояния судоводителя / Ю. Н. Лысенко, А. И. Соколов, И. А. Соколова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 6. — С. 1003–1010. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1003-1010.

2. *Афонин А. Б.* Концепция развития судоходных трасс акватории Северного морского пути / А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 1. — С. 81–87. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-81-87.

3. *Лобанов В. А.* Ледовые качества и ледовая аварийность флота внутреннего и смешанного плавания / В. А. Лобанов // Науковедение: интернет-журнал. — 2013. — № 4 (17). — С. 69.

4. *Апполонов Е. М.* Безопасность эксплуатации крупнотоннажных судов в арктической транспортной системе / Е. М. Апполонов, К. Е. Сазонов, О. Я. Тимофеев // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. — 2010. — № 1 (80). — С. 149–153.

5. *Андреева Е. В.* Учет влияния гидрографической изученности на безопасность плавания крупнотоннажных судов в акватории Северного морского пути / Е. В. Андреева, К. Я. Исаулова, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 5. — С. 856–866. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-856-866.

6. *Андреева Е. В.* Обоснование выбора количественных показателей зон маневрирования в акватории Северного морского пути / Е. В. Андреева, А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 5. — С. 951–959. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-951-959.

7. *Ольховик Е. О.* Исследование плотности транспортных потоков 2018 года в акватории Северного морского пути / Е. О. Ольховик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 5. — С. 975–982. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-975-982.

8. *Афонин А. Б.* Комплексная оценка безопасности плавания в акватории Северного морского пути / А. Б. Афонин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 6. — С. 1132–1142. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1132-1142.

9. *Ершов А. А.* Теоретические основы и методы решения приоритетных проблем безопасности мореплавания: автореф. дис… д-ра техн. наук / А. А. Ершов. — СПб., 2000. — 44 с.

10. *Хенли Э. Дж.* Надежность технических систем и оценка риска / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото. — М.: Машиностроение, 1984. — 528 с.

REFERENCES

1. Lisenko, Uriy N., Andrei I. Sokolov, and Irina A. Sokolova. "Assessment of the functional states of biological objects by the gas-discharge visualization method." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.6 (2019): 1003–1010. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1003-1010.

2. Afonin, Andrej B., and Aleksandr L. Tezikov. "The concept of development of shipping routes along the Northern sea route." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.1 (2017): 81–87. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-81-87.

3. Lobanov, Vasily Alekseevich. "Ice performances and ice accidents fleet inland and river-sea navigation." *Internet-zhurnal Naukovedenie* 4(17) (2013): 69.

4. Appolonov, E., K. Sazonov, and O. Timofeev. "Safety of exploitation large deadweight vessels in arctic transport system." *Trudy NGTU im. R. E. Alekseeva* 1(80) (2010): 149–153.

5. Andreeva, Ekaterina V., Kristina Y. Esaulova, and Aleksandr L. Tezikov. "Accounting the impact of hydrographic studies on the safety of navigation of large-tonnage vessels in the Northern Sea Route water area." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.5 (2019): 856–866. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-856-866.

6. Andreeva, Ekaterina V., Andrej B. Afonin, and Aleksandr L. Tezikov. "The rationale for the selection of quantitative indicators zones of maneuvering in the water area of the Northern sea route." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.5 (2018): 951–959. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-951-959.

7. Ol'khovik, Evgeniy O. "Research of the density of transports flows on the Northern Sea Route in 2018 year." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.5 (2018): 975–982. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-975-982.

8. Afonin, Andrej B. "A comprehensive assessment of the safety of navigation in the water area of the Northern sea route." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.6 (2018): 1132–1142. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1132-1142.

9. Ershov, A. A. Teoreticheskie osnovy i metody resheniya prioritetnykh problem bezopasnosti moreplavaniya. Abstract of Dr. diss. SPb., 2000.

10. Henley, E. J., and H. Kumamoto. *Reliability engineering and risk assessment*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Меньшиков Вячеслав Иванович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»
183001, Российская Федерация, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13
e-mail: *kseniamgtu@rambler.ru*
Развозов Сергей Юрьевич —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
e-mail: *razvozov.su@mail.ru*, *RazvozovSJ@gumrf.ru*
Анисимов Александр Николаевич —
кандидат технических наук, капитан
ФГУП «Гидрографическое предприятие»
190031, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Московский пр., 12
e-mail: *anisimov.54@inbox.ru*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Menshikov, Vyacheslav I. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Murmansk State Technical University,
13 Sportivnaya Str., Murmansk, 183001,
Russian Federation
e-mail: *kseniamgtu@rambler.ru*
Razvozov, Sergey Yu. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: *razvozov.su@mail.ru*, *RazvozovSJ@gumrf.ru*
Anisimov, Aleksandr N. —
PhD, captain
FSUE "Hydrographic Enterprise"
12 Moskovsky Ave., St. Petersburg, 190031,
Russian Federation
e-mail: *anisimov.54@inbox.ru*

Статья поступила в редакцию 25 января 2021 г.
Received: January 25, 2021.