

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-951-959

THE RATIONALE FOR THE SELECTION OF QUANTITATIVE INDICATORS ZONES OF MANEUVERING IN THE WATER AREA OF THE NORTHERN SEA ROUTE

E. V. Andreeva, A. B. Afonin, A. L. Tezikov

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The issues related to the assessment of safety of navigation of vessels in the waters of the Northern sea route are considered. It is noted that in the Arctic zone in recent years, large-scale projects related to the development of offshore fields, oil and sea transportation of hydrocarbons have been actively implemented. The results of the analysis of the impact of these projects on the conditions of Arctic shipping are presented. The necessity to develop methods for the evaluation of the navigation properties of the waters of the Northern sea route according to the criterion of safe manoeuvring of large vessels. The results of an analytical review of literature on the problems of navigation of ships in cramped conditions. The main directions of research carried out in this direction are established. It is noted that in almost all works the definition of the concept of "tightness of the water area" is given at a qualitative level, which makes it difficult to make an objective comparative assessment of water areas and their individual parts. The necessity of research aimed at the justification and development of methods that allow the navigation properties of maneuvering zones to describe a certain set of quantitative indicators. A description of the methods and sources of information, as well as the assumptions that were used in the justification and development of the method for determining quantitative indicators. Introduced and justified the concept of "measure of constraint" and "index of constraint" waters. Influence of the form and the sizes of the obstacles limiting zones of maneuvering on their quantitative indicators is established. The results of theoretical studies are confirmed by numerical simulation data and comparative quantitative estimates of maneuvering zones limited by obstacles of different sizes and shapes. The recommendations on the use of the developed method of quantitative assessment of maneuvering zones of ships are given. The direction of further research is determined.

Keywords: Northern sea route, maneuvering zones, large-capacity vessels, obstacles, quantitative indicators, modeling.

For citation:

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.

УДК 528.47

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗОН МАНЕВРИРОВАНИЯ В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

Е. В. Андреева, А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Рассматриваются вопросы, связанные с оценкой безопасности плавания судов в акватории Северного морского пути. Отмечается, что в Арктической зоне в последние годы активно реализуются крупномасштабные проекты, связанные с обустройством шельфовых месторождений, бодычей и морской транспортной угледорогов. Приводятся результаты анализа влияния этих проектов на условия арктического судоходства. Обосновывается необходимость разработки методов оценки навигационных свойств акватории Северного морского пути по критерию безопасного маневрирования крупнотоннажных судов. Приведены результаты аналитического обзора литературных источников, посвященных проблемам плавания судов в стесненных условиях. Установлены основные направления исследований, проводимых в этом направлении. Отмечено, что практически во всех работах определение понятия «стесненность акватории» дается на ка-

чественном уровне, что затрудняет объективную сравнительную оценку акваторий и отдельных их частей. Обосновывается необходимость проведения исследований, направленных на обоснование и разработку методов, позволяющих описывать навигационные свойства зон маневрирования определенным набором количественных показателей. Приводится описание методов и источников информации, а также допущений, используемых при обосновании и разработке метода определения количественных показателей. Введены и обоснованы понятия «мера стесненности» и «показатель стесненности» акватории. Установлено влияние формы и размеров препятствий, ограничивающих зоны маневрирования, на их количественные показатели. Результаты теоретических исследований подтверждены данными численного моделирования и сравнительными количественными оценками зон маневрирования, ограниченных препятствиями, имеющими различные размеры и форму. Даны рекомендации по использованию разработанного метода количественных оценок зон маневрирования судов. Определено направление дальнейших исследований.

Ключевые слова: Северный морской путь, зоны маневрирования, крупнотоннажные суда, препятствия, количественные показатели, моделирование.

Для цитирования:

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.

Введение (Introduction)

Освоение Арктики, которое в значительной степени активизировалось в последнее время, требует переосмысления места и роли Северного морского пути (СМП) в этом процессе. Активизация деятельности в Арктике главным образом развивается по двум направлениям. Первое из них — разведка и освоение месторождений углеводородного сырья. Это направление определяется интенсивным масштабным развитием геологических изысканий на шельфе, которые в перспективе позволяют прогнозировать практически сплошное покрытие акватории СМП разрабатываемыми месторождениями (рис. 1) [1]. Второе направление — транспортное. В соответствии с ним планируется увеличение грузоперевозок по трассам СМП до 80 млн т к 2030 г. [2], что почти в восемь раз превышает объемы 2017 г. [3]. Реализация этих планов приведет и уже приводит к изменению условий и структуры флота, действующего в акватории СМП.

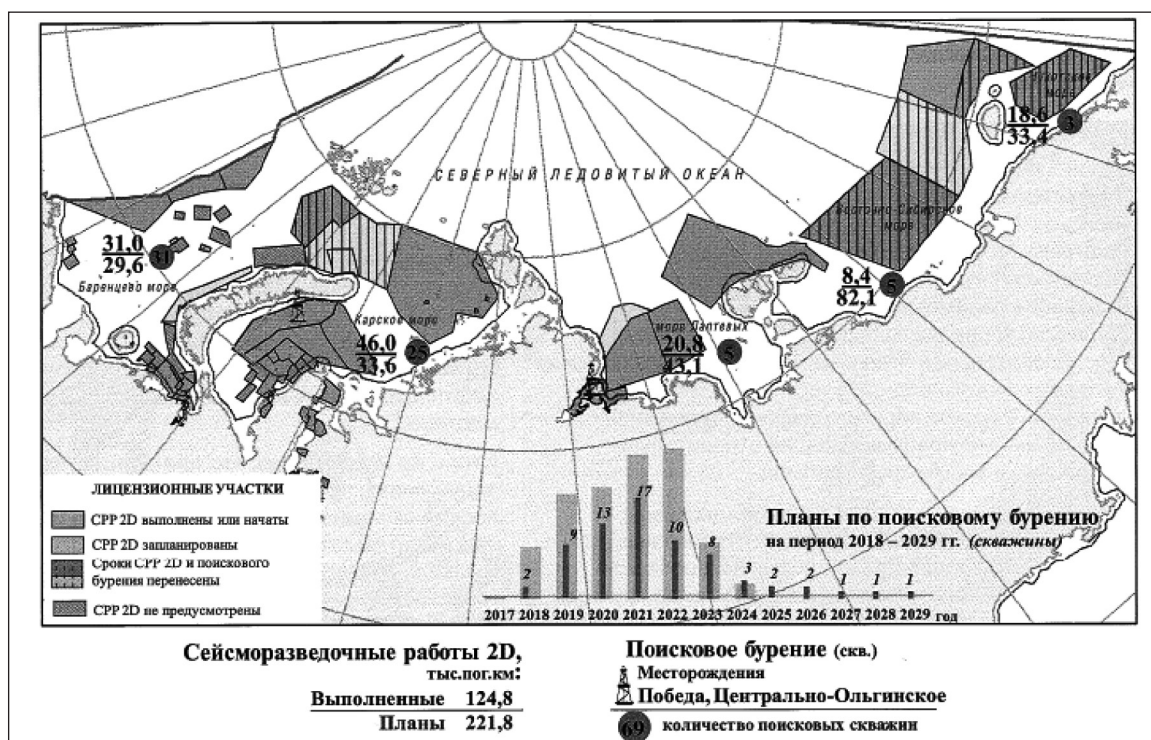


Рис. 1. Арктический шельф России: лицензионные обязательства (выполнение и планы)

Первым и наиболее заметным фактором, влияющим на изменение условий судоходства в будущем, является появление в акватории СМП значительного количества морских нефтегазопромысловых установок, которые служат объектами повышенной опасности. Судоходство в непосредственной близости от них требует принятия дополнительных решений по навигационно-гидрографическому обеспечению. Эти решения предполагают создание дополнительных зон разделения движения судов в районах, прилегающих к морским нефтегазопромысловым установкам, и дополнительных зон системы управления движением судов в непосредственной близости от них. Дополнительные зоны вокруг нефтегазопромысловых установок, возникающие в непосредственной близости от рекомендованных трасс СМП или охватывающие их, формируют дополнительные габаритные ограничения для движения судов, вывозящих углеводородное сырье, и для судов транзитного плавания.

Вторым фактором, изменяющим условия судоходства в акватории СМП, является использование крупнотоннажных судов с осадкой до 12–15 м. Суда больших размеров используются как для вывоза углеводородного сырья непосредственно с буровых или с терминалов заводов по сжижению природного газа, так и для транзитного плавания. Осадка 12–15 м затрудняет плавание крупногабаритных судов в мелководных и узких участках рекомендованных маршрутов СМП [4]. Эти обстоятельства, формирующие новые условия судоходства в акватории СМП в ближайшем будущем, требуют разработки методов оценки навигационных свойств акватории по критерию безопасного маневрирования крупнотоннажных судов. Полученные оценки для различных участков акватории СМП позволяют ее районировать и выработать комплекс дополнительных мероприятий, направленных на повышение уровня безопасности мореплавания в зависимости от степени ограниченности свободного маневрирования.

Согласно статистическим данным, число аварий судов в стесненных водах в десятки раз превышает число аварий в открытом море [5], [6]. По этой причине вопросам плавания судов в стесненных условиях уделяется большое внимание. Среди основных направлений исследований можно выделить следующие: влияние «человеческого фактора» на аварийность при плавании в стесненных условиях [6], [7]; совершенствование средств навигационного ограждения навигационных опасностей [8]; моделирование траекторий движения судов вблизи опасностей [9]–[11].

Обращает на себя внимание тот факт, что во всех указанных ранее работах определение понятия «стесненность акватории» дано на качественном уровне. Такой подход затрудняет объективную сравнительную оценку акваторий и их отдельных частей. Для преодоления этого недостатка в работе [12] предложено использовать количественные показатели стесненности акватории, основанные на методах теории геометрических вероятностей [13]. В работе [12] используются ненормированные безразмерные показатели стесненности акватории. Использование таких показателей нуждается в дополнительном обосновании.

Целью настоящей работы является обоснование выбора количественных показателей зон свободного маневрирования в акватории СМП, связанных с их фактическими размерами.

Методы и материалы (Methods and Materials)

В качестве источников информации о форме и размерах навигационных препятствий, влияющих на стесненность акватории СМП, использовались актуальные морские навигационные карты арктических морей, а также ледовые карты, размещенные на сайте Администрации СМП [3]. При проведении исследований принимались следующие допущения:

- к навигационным препятствиям могут относиться отмели, ледяные поля, запретные зоны и другие объекты;
- понятие «стесненность» относится только к области, расположенной между двумя ближайшими препятствиями, через которую предполагается проложить путь судна;
- все навигационные препятствия могут быть представлены в виде плоских простых геометрических фигур;

- форма, размеры и положение препятствий во времени не изменяются;
- частные характеристики судна, такие как его ширина, осадка, рыскание, радиус циркуляции и другие, не рассматриваются;
- путь судна может быть представлен в виде прямой линии или полосы, ширина которой характеризует границы свободного маневрирования судна.

Принятые допущения позволяют свести задачу об оценке стесненности акватории к задаче о пересечении прямых линий с плоскими геометрическими фигурами, решения которой рассматриваются в теории геометрических вероятностей [13].

В работе использованы следующие обозначения: S_i — показатель стесненности; M — мера стесненности; G — линия пути судна; b — ширина полосы движения судна; B — расстояние между препятствиями; Π — препятствие; l — ширина препятствия.

Результаты (Results)

Рассматривается схема взаимного расположения пути судна и двух препятствий Π_1 и Π_2 (рис. 2).

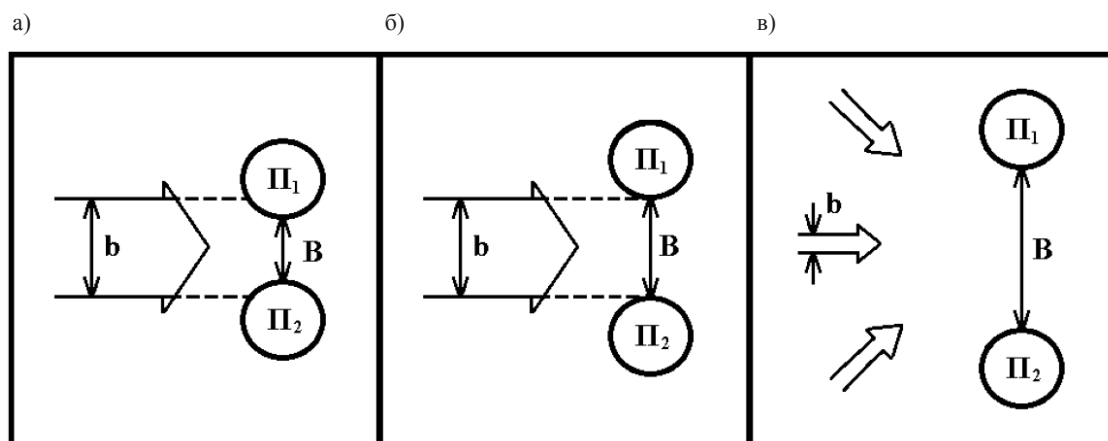


Рис. 2. Схемы взаимного расположения полосы движения судна и препятствий:
а — соответствует условию $b > B$; б — соответствует условию $b = B$;
в — соответствует условию $b \ll B$

Стесненность плавания зависит от соотношения ширины полосы движения судна b и ширины прохода между препятствиями, заданной расстоянием B . Если $b > B$, то показатель стесненности $S_i(b > B) > 1$, и проход между препятствиями невозможен (рис. 2, а). В случае, когда $S_i(b = B) = 1$ (рис. 2, б), движение судна между препятствиями крайне стеснено, так как для прохода судна положение линии его пути должно точно совпадать с осью прохода. По мере увеличения ширины прохода относительно ширины полосы движения судна, показатель стесненности акватории уменьшается. При этом линии безопасного пути судна могут отклоняться от оси прохода как по направлению, так и по положению. Если $b \ll B$, то $S_i(b \ll B) \rightarrow 0$ (рис. 2, в) и между препятствиями Π_1 и Π_2 имеется большое свободное пространство, которое не стесняет судно в свободе маневрирования.

Вместе с тем этот параметр оказывается нечувствительным к форме и размерам препятствий. На рис. 3–6 показаны препятствия с одной и той же шириной прохода B , но отличающиеся друг от друга по форме и размерам. На рис. 3 и 4 приведены схемы с препятствиями, имеющими разную ширину. Анализ схем показывает, что при увеличении ширины препятствий стесненность акватории увеличивается. При увеличении l от 0 (см. рис. 3, а) до l_1 (см. рис. 3, б), а также от l_1 (см. рис. 4, а) до l_2 (см. рис. 4, б) происходит сокращение диапазона курсов, соответствующих безопасному проходу судна между препятствиями. На рис. 5 и 6 приведены схемы с препятствиями Π_1 и Π_2 , имеющими разную форму.

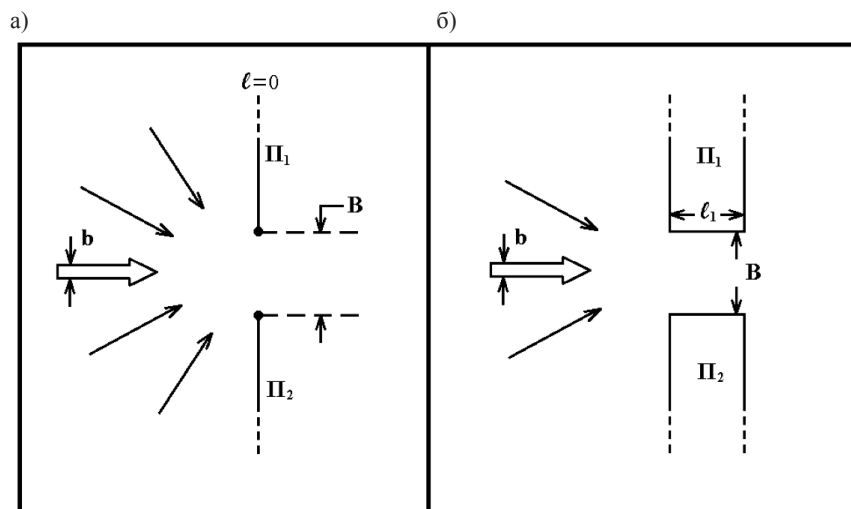


Рис. 3. Схемы препятствий, имеющих разную ширину:
а — соответствует условию $l = 0$; б — соответствует условию $l_1 > 0$

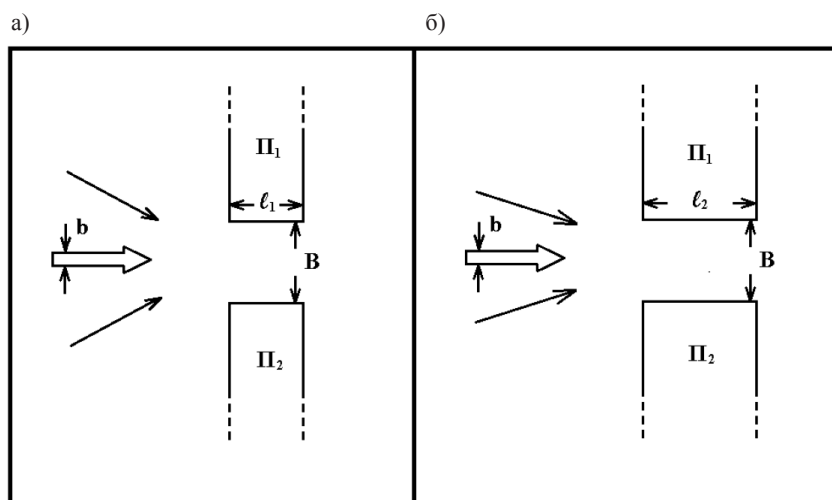


Рис. 4. Схемы препятствий, имеющих разную ширину:
а — соответствует условию $l_1 > 0$; б — соответствует условию $l_2 > l_1$

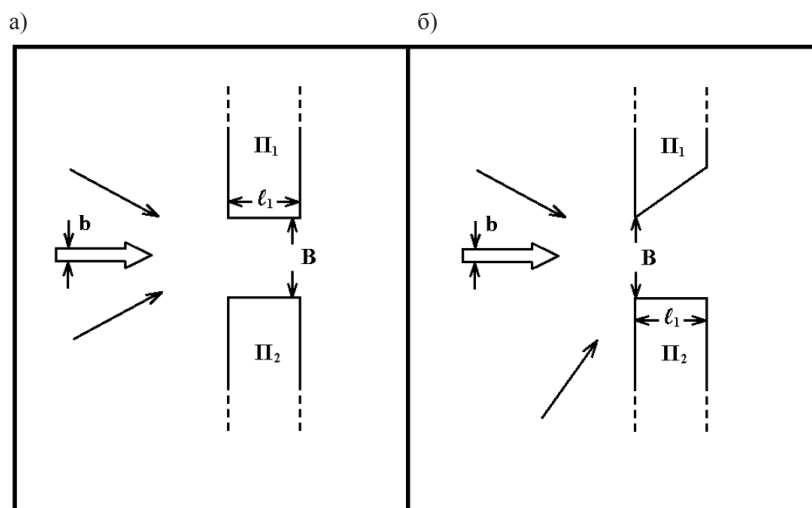


Рис. 5. Схемы препятствий, имеющих разную форму:
а — ширина и форма препятствий одинаковые; б — форма препятствий разная

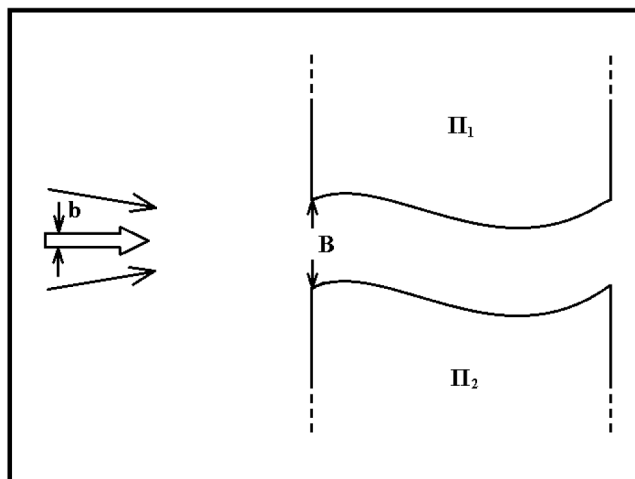


Рис. 6. Схема криволинейного прохода, ограниченного препятствиями с одинаковой формой и шириной

Анализ схем позволяет отметить, что изменение формы препятствий может приводить как к уменьшению стесненности акватории (сравнение схем, приведенных на рис. 5, а и рис. 5, б), так и к ее увеличению (сравнение схем, приведенных на рис. 5, а и рис. 6). Взаимное сравнение схем, приведенных на рис. 2–6, позволяет на качественном уровне выполнять сравнение стесненности зон маневрирования, расположенных между препятствиями Π_1 и Π_2 . При этом использовался прием, при котором сравнение маневренных зон во всех случаях производилось по отношению только одного изменяемого параметра, к которому относились либо ширина прохода B (см. рис. 2), либо ширина препятствий l (см. рис. 3 и 4), либо форма препятствий (см. рис. 5 и 6).

В качестве количественной оценки стесненности зоны свободного маневрирования предлагается использовать меру стесненности [12], рассчитываемую по формуле

$$M = \int_{\Pi_1, \Pi_2} f(G, B) dp d\varphi, \quad (1)$$

где $f(G, B)$ — функция, описывающая пересечение линии пути судна с линией, соединяющей препятствия Π_1 и Π_2 ; p и φ — линейные и угловые параметры точек пересечения пути судна с линией B .

В выражении (1) переменная p соответствует расстоянию от препятствия Π_1 до препятствия Π_2 по направлению линии B ($0 \leq p \leq B$). Угловой параметр φ соответствует углу между линиями B и G при условии, что линия G не пересекает препятствия Π_1 и Π_2 ни в одной точке.

В соответствии с выражением (1) оказывается, что мера стесненности зоны свободного маневрирования, показанная рис. 3, а, равна ширине свободного прохода между двумя линейными препятствиями

$$M(l_{\Pi_1} = 0; l_{\Pi_2} = 0) = B. \quad (2)$$

При увеличении ширины препятствий l значение меры (1) уменьшается:

$$M(l_{\Pi_1} \neq 0; l_{\Pi_2} \neq 0) = B^* < M(l_{\Pi_1} = 0; l_{\Pi_2} = 0) = B. \quad (3)$$

Для препятствий, имеющих одинаковую ширину $l_{\Pi_1} = l_{\Pi_2} = kB$, получены следующие значения меры стесненности:

$$M(l_{\Pi_1} = 0,5B; l_{\Pi_2} = 0,5B) = 0,62 B; \quad (4)$$

$$M(l_{\Pi_1} = 1B; l_{\Pi_2} = 1B) = 0,41 B; \quad (5)$$

$$M(l_{\Pi_1} = 2B; l_{\Pi_2} = 2B) = 0,24 B. \quad (6)$$

Оценки (2), (4)–(6) показывают, что при одной и той же ширине прохода между препятствиями B увеличение ширины препятствий l_{Π} приводит к уменьшению безопасной ширины прохода, а, следовательно, к увеличению стесненности зоны свободного маневрирования, расположенной между препятствиями.

В соответствии с изменением меры стесненности меняется и показатель стесненности акватории:

$$S_i(l_{\Pi_1} = 0; l_{\Pi_2} = 0) = \frac{b}{B}; \quad (7)$$

$$S_i(l_{\Pi_1} = 0,5B; l_{\Pi_2} = 0,5B) = 1,61 \frac{b}{B}; \quad (8)$$

$$S_i(l_{\Pi_1} = B; l_{\Pi_2} = B) = 2,44 \frac{b}{B}; \quad (9)$$

$$S_i(l_{\Pi_1} = 2B; l_{\Pi_2} = 2B) = 4,17 \frac{b}{B}. \quad (10)$$

Таким образом, при увеличении ширины препятствий от 0 до $2B$ показатель стесненности зоны свободного маневрирования увеличивается примерно в четыре раза.

Обсуждение (Discussion)

Предложенные количественные показатели позволяют учитывать форму, размеры, а также взаимное расположение препятствий, ограничивающих зону свободного маневрирования. Решение уравнения (1) может выполняться методами численного интегрирования с использованием контуров препятствий, снятых с морских навигационных и ледовых карт. Принятые в работе допущения и ограничения не влияют на практическую значимость полученных результатов.

Метод использован для оценки навигационных свойств акватории, ограниченной двумя препятствиями. При наличии большего числа препятствий оценка зон свободного маневрирования производится поэтапно. На первом этапе выполняются частные оценки для каждой пары ближайших друг к другу препятствий. На втором этапе выполняется комплексная оценка зоны свободного маневрирования для всего маршрута.

Заключение (Conclusion)

В работе обоснован выбор количественных показателей зон свободного маневрирования морских судов. Данный метод предполагается использовать для оценки навигационных свойств акватории СМП в различные навигационные периоды. В перспективе он может быть использован для формирования в геоинформационных системах динамических тематических слоев, показывающих распределение зон свободного маневрирования в акватории СМП на заданный момент времени. В дальнейшем планируется исследовать в динамике процесс изменения показателей стесненности акватории СМП в зависимости от навигационного периода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каминский В. Д. Основные проблемы и пути освоения углеводородных ресурсов на шельфе Арктической зоны Российской Федерации / В. Д. Каминский [и др.] // Нефтегаз. — 2018. — № 9. — С. 44–46.
2. Послание Президента Федеральному Собранию 1 марта 2018. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/56957> (дата обращения: 10.09.2018).
3. Сайт Администрации Северного морского пути. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.nsra.ru/ru/glavnaya/novosti/n19.html> (дата обращения: 26.08.2018).

4. Тезиков А. Л. Гидрографическая изученность акватории Северного морского пути / А. Л. Тезиков, А. Б. Афонин, Е. О. Ольховик // Транспорт Российской Федерации. — 2018. — № 2 (75). — С. 19–21.
5. Снопков В. И. Управление судном / В. И. Снопков. — СПб: АНО НПО «Профессионал», 2004. — 536 с.
6. Меньшиков В. И. Проблемы безопасного мореплавания в сложных навигационных условиях стесненных вод / В. И. Меньшиков, А. Н. Сулов, В. В. Шутов. — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2013. — 186 с.
7. Рябченко Р. Б. Идентификация промахов, обеспечивающих безопасность плавания в стесненных водах / Р. Б. Рябченко, В. В. Шутов, В. И. Меньшиков // Эксплуатация морского транспорта. — 2010. — № 3 (61). — С. 38–40.
8. Черная Е. А. Информационные аспекты плавания судна по заданной траектории / Е. А. Черная // Специальные транспортные технологии и инфраструктура: межвуз. сборник науч. трудов. — 2000. — № 4. — С. 33–40.
9. Сазонов А. Е. Прогнозирование траектории движения судна при помощи нейронной сети / А. Е. Сазонов, В. В. Дерябин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 3 (22). — С. 6–13.
10. Некрасов С. Н. Оценка и прогнозирование опасных навигационных ситуаций / С. Н. Некрасов, И. В. Капустин, М. С. Старов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 2. — С. 98–100.
11. Ольховик Е. О. Информационная модель морских транспортных потоков Северного морского пути / Е. О. Ольховик, А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 97–105. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-97-105.
12. Ключев В. В. Количественная оценка показателя стесненности акватории Северного морского пути / В. В. Ключев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 5 (39). — С. 109–117. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-109-117.
13. Сантало Л. Интегральная геометрия и геометрические вероятности / Л. Сантало. — М.: Наука, 1983. — 358 с.

REFERENCES

1. Kaminskii, V. D., O. I. Supronenko, T. Yu. Medvedeva, and A. A. Chernykh. “Osnovnye problemy i puti osvoeniya uglevodorodnykh resursov na shel’fe Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii.” *Neftegaz* 9 (2018): 44–46.
2. Poslanie Prezidenta Federal’nomu Sobraniyu 1 marta 2018. Web. 10 Sept. 2018 <<http://kremlin.ru/events/president/news/56957>>.
3. Federal State Budgetary Institution The Northern Sea Route Administration. Web. 26 Aug. 2018 <<http://www.nsra.ru/en/glavnaya/novosti/n19.html>>.
4. Tezиков, A. L., A. B. Afonin, and Ye. O. Olkhovik. “The state of hydrographic exploration of the Northern Sea Route water area.” *Transport of Russian Federation* 2(75) (2018): 19–21.
5. Snopkov, V. I. *Upravlenie sudnom*. SPb: ANO NPO «Professional», 2004.
6. Men’shikov, V. I., A. N. Suslov, and V.V. . Shutov. *Problemy bezopasnogo moreplavaniya v slozhnykh navigatsionnykh usloviyakh stesnennykh vod*. Murmansk: Izd. MGTU, 2013.
7. Ryabchenko, R. B., V. V. Shutov, and V. I. Menshikov. “Identification of near misses providing safety of the navigation in congested waters.” *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 3(61) (2010): 38–40.
8. Chernaya, E. A. “Informatsionnye aspekty plavaniya sudna po zadannoi traektorii.” *Spetsial’nye transportnye tekhnologii i infrastruktura: Mezhvuzovskii sbornik nauchnykh trudov* 4 (2000): 33–40.
9. Sazonov, A. E., and V. V. Deryabin. “Forecasting to paths of the motion ship with the help of neyronnoy network.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 3(22) (2013): 6–13.
10. Nekrasov, S. N., I. V. Kapustin, and M. S. Starov. “Assessment and prediction of dangerous navigational situations.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 2 (2013): 98–100.
11. Olhovik, Evgeniy O., Andrej B. Afonin, and Aleksandr L. Tezиков. “Information model of maritime transport flows of the north sea route.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.1 (2018): 97–105. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-97-105.

12. Kljuev, Vitaly Vladimirovich. "Quantitative assessment of constraint of the Northern sea route." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 5(39) (2016): 109–117. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-109-117.

13. Santalo, L. *Integral'naya geometriya i geometricheskie veroyatnosti*. M.: Nauka, 1983.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Андреева Екатерина Валерьевна — ассистент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7

e-mail: kaf_geo@gumrf.ru

Афонин Андрей Борисович —

кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7

e-mail: andrey.afonin.gma@yandex.ru,

kaf_gm@gumrf.ru

Тезиков Александр Львович —

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7

e-mail: altezikov@yandex.ru, TezikovAL@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andreeva, Ekaterina V. — assistant
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping

5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation

e-mail: kaf_geo@gumrf.ru

Afonin, Andrej B. —

PhD, associate professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping

5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation

e-mail: andrey.afonin.gma@yandex.ru,

kaf_gm@gumrf.ru

Tezikov, Aleksandr L. —

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: altezikov@yandex.ru, TezikovAL@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 17 сентября 2018 г.

Received: September 17, 2018.