

ПОРТЫ, ПОРТОВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

PORTS, PORT INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT LOGISTICS

Научная статья
УДК 655.62.052.4
<https://doi.org/10.24143/2073-1574-2023-3-97-103>
EDN CSNAGN

Создание универсальных штормовых диаграмм для выбора наивыгоднейшего пути морского судна

Рамазан Айдынович Нуриев

*Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова,
Санкт-Петербург, Россия, r.a.nuriev@yandex.ru*

Аннотация. Рассматривается проблема выбора наивыгоднейшего пути морского судна и необходимость создания универсальных штормовых диаграмм, которые показывали бы возможность избегания опасностей штормового плавания и одновременно позволяли обеспечивать мореходность в плохих погодных условиях. Описаны опасности штормового плавания, влияющие на мореходные качества, с которыми может столкнуться судно. Представлена теоретическая основа для создания такого вида диаграмм. Построена универсальная штормовая диаграмма с помощью программы Excel, которая входит в стандартный пакет Microsoft Office. Поставлена и решена задача выбора наивыгоднейшего пути с учетом особенностей судна для конкретного судна и данных погодных условий. Представлены характеристики судна. Решение было найдено с помощью построенной диаграммы. Рассчитаны зоны резонансов основных видов качки судна, зона параметрического резонанса, зона брочинга, а также прогнозируемая скорость судна на волнении. Выбран наиболее безопасный и одновременно эффективный маршрут следования судна в условиях данной задачи. Проведено сравнение поведения данного конкретного судна, вычисленного с помощью предложенной диаграммы, с поведением этого же судна на практике. Установлено, что зоны опасностей, приведенных на диаграмме, совпадают с зонами опасностей, полученных при наблюдении непосредственно на судне. Доказана простота и доступность предлагаемого метода выбора оптимальных сочетаний курса и скорости при плавании в штормовых погодных условиях. Сделан вывод о том, что при реализации предложенных идей можно добиться повышения уровня безопасности мореплавания и увеличения эффективности морских грузоперевозок, варьируя различными критериями оптимальности.

Ключевые слова: наивыгоднейший путь, океанское плавание, штормовая диаграмма, мореходность, эффективность грузоперевозки, безопасность мореплавания

Для цитирования: Нуриев Р. А. Создание универсальных штормовых диаграмм для выбора наивыгоднейшего пути морского судна // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2023. № 3. С. 97–103. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2023-3-97-103>. EDN CSNAGN.

Original article

Building universal storm diagrams to choose optimal route for sea vessels

Ramazan A. Nuriev

*Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
Saint-Petersburg, Russia, r.a.nuriev@yandex.ru*

© Нуриев Р. А., 2023

Abstract. The paper considers the problem of choosing the optimal route for a sea vessel and the need to build universal storm diagrams that would show the possibility of avoiding the dangers of stormy navigation and at the same time make it possible to provide proper seaworthiness in bad weather conditions. The dangers of stormy navigation that affect the seaworthiness that a ship may encounter are described. The theoretical basis for creating this kind of diagrams is presented. A universal storm diagram was built using the Excel program, which is included in the standard Microsoft Office package. The task of choosing optimal route, taking into account the characteristics of the vessel for a particular vessel and given weather conditions, was set and solved. The characteristics of the vessel are presented. The solution was found using the constructed diagram. The zones of resonances of the main types of the ship's roll, the zone of parametric resonance, the zone of broaching and also predicted speed of the ship in waves have been calculated. The safest and, at the same time, the most efficient route for the ship under the conditions of this problem was chosen. A comparison was made of the behavior of a particular ship calculated using the proposed diagram, and the behavior of the same ship in practice. It has been established that the dangerous zones shown in the diagram coincide with the dangerous zones obtained from observation directly on the ship. The simplicity and accessibility of the proposed method for choosing the optimal combinations of course and speed when sailing in stormy weather conditions is proved. It is concluded that when implementing the proposed ideas, it is possible to achieve an increase in the level of navigation safety and an increase in the efficiency of maritime cargo transportation, while varying various optimality criteria.

Keywords: optimal route, ocean voyage, storm diagram, seaworthiness, efficiency of cargo transportation, safety of navigation

For citation: Nuriev R. A. Building universal storm diagrams to choose optimal route for sea vessels. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies.* 2023;3:97-103. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2023-3-97-103>. EDN CSNAGN.

Введение

Штормовые условия плавания – практически неотъемлемая часть морской грузоперевозки. Капитаны морских судов постоянно контролируют сводки погоды, выявляют опасности, которые могут возникнуть в тех или иных условиях для их судна. Судно должно следовать таким маршрутом, при котором значения опасностей штормового плавания будут приемлемыми, не возникнет значительных потерь в скорости судна, что в свою очередь позволит приблизиться к планируемым перед выходом в рейс (не учитывая внешние воздействия) значениям эффективности грузоперевозки. Данная задача носит название «выбора наивыгоднейшего пути» с учетом особенностей судна [1]: при решении важно учитывать все эксплуатационно-навигационные характеристики судна, т. е. судно должно рассматриваться не только как объект с линейными параметрами, следует учитывать и его мореходные свойства, в частности мореходность.

В настоящее время в судоходстве остается актуальной данная проблема, т. к. универсального решения по выбору оптимального маршрута, которое подходило бы для любого произвольно взятого судна, не существует. Если начать варьировать критерий оптимальности, т. е. отталкиваться не только от скорости судна и времени перевозки (как в большинстве случаев), то ситуация в плане решения данной проблемы еще более усложняется. Конечно, существует ряд международных и национальных нормативных документов, которые устанавливают требования и рекомендации при плавании в штормовых погодных условиях. В нашей стране принято руководствоваться РД 31.00.57.2-91 «Вы-

бор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении». В международной морской практике аналогом можно считать MSC.1/Circ.1228 – Revised guidance to the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions. Однако на данные нормативные документы следует опираться при составлении руководства к плаванию в штормовых погодных условиях, которые внедряются системой управления безопасностью (СУБ) каждой судоходной компании и создаются с учетом особенностей каждого судна. К сожалению, нельзя создать и включить в СУБ компании универсальное руководство по плаванию на волнении, основываясь только лишь на перечисленных документах. Стоит сказать, что вопросами мореходности занимались такие отечественные научные деятели, как В. Г. Власов, С. Н. Благовещенский, Л. М. Ногид, В. Б. Липис, Д. В. Кондриков, Ю. В. Ремез, А. И. Богданов. Среди иностранных ученых можно выделить Э. Битнер-Греггерсен, Д. Вехаусена, Р. Тэйлора, Т. Фрикиша, О. Фалтинсена, С. Гудеса, Е. Лайтона, Х. Като, В. Котерэма, Д. Присона, Н. Матсумото и др. И в настоящее время ведутся исследования и вводятся различные методы по обеспечению мореходности.

На данном этапе исследований наилучшим инструментом можно признать автоматизированные системы контроля мореходности судна. Принцип работы такого рода систем состоит в том, чтобы с помощью различных датчиков (тензометры, акселерометры) и навигационных приборов (лаг, эхолот, анемометр и др.), установленных на судне, автоматизированно выполнять расчет параметров

качки судна и ее опасных значений для судна. После этого с помощью соответствующих алгоритмов вычисляются приемлемые сочетания курса и скорости, что дает возможность системе построить оптимальный маршрут [2]. Стоит отметить, что возможности данных систем позволяют анализировать поступающие на судно гидрометеорологические прогнозы и с учетом этого предлагать корректировки маршрута, поэтому очевидно преимущество данного инструмента перед другими автоматизированными системами планирования и построения маршрута, в частности рассмотренными в исследовании [3], которые в большей степени нацелены лишь на избегание навигационных опасностей плавания. Однако автоматизированные системы контроля мореходности судна не являются универсальным инструментом, в них расчеты производятся лишь для конкретного судна. Также сегодня подобные системы установлены на небольшом количестве судов; к примеру, продукты одной из ведущих фирм по контролю мореходности SIREHNA установлены на более 100 судах. Очевидно, что такие цифры не идут ни в какое сравнение с общим количеством торгового флота.

В последнее время также предпринимаются попытки создания штормовых диаграмм, с помощью которых предлагается графически находить благоприятные значения курса и скорости в условиях штормового плавания. В работе [4] такая диаграмма рассчитывается с помощью Microsoft Excel и аналогична по расчетным формулам с диаграммой Ю. В. Ремеза [5]. Несомненно, созданная диаграмма удобна тем, что позволяет с помощью персонального компьютера быстро найти резонансные зоны основных видов качки и зону параметрического резонанса.

Методы и материалы исследования

Особое внимание стоит обратить на работы [6, 7], где предлагается использование «штормовых зиг-

загов» по соответствующей диаграмме для избегания негативных последствий штормового плавания для танкеров.

Методы выбора оптимального маршрута уже представлены в работе [8], в которой сообщается об учете навигационных опасностей плавания, т. е. избегания небезопасных глубин, запретных районов, объясняется выбор пути судна – выигрыш при плавании по локсодромии или ортодромии. С точки зрения учета мореходных качеств судна было предложено следовать маневром «12-60», не отходя сильно от заданной траектории, определялся расчет выигрыша и в этом случае. Именно от данной рекомендации и следует отталкиваться в дальнейшем:

1. Выбрать изначально такую траекторию пути судна, которая будет выигрышной, учитывая навигационные опасности плавания.

2. Ознакомившись с прогнозом погоды и обнаружив неприемлемый риск для безопасности мореплавания, скорректировать маршрут, если потребуется.

3. При попадании в условия штормового плавания выбрать такие курсы штормовых зигзагов, при которых будет соблюдена безопасность и будет обеспечен высокий уровень мореходности, негативные явления штормового плавания будут отсутствовать или же являться минимально возможными для обеспечения высокого уровня безопасности.

4. Изменять движение судна, выходя на курсы штормового зигзага (ИК₁ и ИК₂ на рис. 1), учитывая при этом отклонение от первоначально проложенной линии пути (ИК₀), т. е. нельзя допустить, чтобы выигрыш при отклонении от первоначально заданной траектории в пункте 2 был нецелесообразным для плавания, в сравнении если бы плавание осуществлялось по альтернативному пути.

5. При выходе из штормовых условий плавания продолжать маршрут по первоначально выигрышному кратчайшему пути.

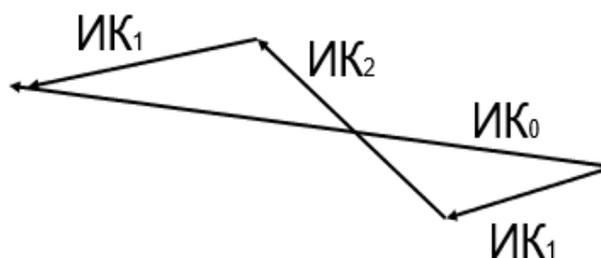


Рис. 1. Общий принцип следования штормовыми зигзагами

Fig. 1. General principle of navigating storm zigzags

Очевидно, что выбор курсов штормовых зигзагов ИК₁ и ИК₂ является главной задачей, решаемой для обеспечения безопасности в условиях штормового плавания. Для того чтобы найти решение, необходимо создать универсальную штормовую диаграмму, которая будет учитывать влияние непогоды на мореходные качества судна, проста в использовании, а также доступна. Для этого необходимо выделить опасности и формулы, на основе которых такого рода диаграмма будет построена.

Как известно, качка – колебательное движение судна, и чтобы избежать негативных явлений качки, необходимо избегать ее усиления. Неблагоприятные усиления качки возникают в первую очередь при появлении основного резонанса. Следует рассматривать только основные виды качки (килевая, вертикальная и бортовая), тогда можно выделить условие наступления основного резонанса основных видов качки:

$$0,7 \leq \tau_c / \tau_k \leq 1,3,$$

где τ_c – собственные периоды основных видов качки судна, с; τ_k – кажущийся период волны, с.

При наступлении условия основного резонанса килевой и вертикальной качки возрастает риск слеминга и слепинга, что грозит нарушением целостности корпуса судна, а также перевозимого палубного груза и оборудования. Возникает высокий риск оголения оконечностей судна, т. е. нарушается режим работы гребного винта и, соответственно, главного двигателя, что оказывает влияние на скорость судна и расход топлива, а это те аспекты, которые непосредственно влияют на эффективность грузоперевозки.

При наступлении основного резонанса бортовой качки судно приобретает крен на оба борта. Неблагоприятность этого явления в большей степени зависит от периода бортовой качки, т. к. эта величина будет определять плавность качки. Более опасное явление – параметрический резонанс бортовой качки судна, когда происходит резкое увеличение крена на оба борта, что порой грозит опрокидыванием судна. Здесь кажущийся период волны практически совпадает с собственным периодом бортовой качки судна. Таким образом, условие наступления параметрического резонанса можно обозначить как

$$0,48 \leq \tau_k / \tau_0 \leq 0,53,$$

где τ_0 – собственный период бортовой качки судна, с.

Помимо опасностей, которые несут явления основного и параметрического резонансов, большую опасность для судна представляет явление брочинга – «захват» судна попутной волной. Опасность состоит в уменьшении или потере поперечной

остойчивости судна по причине изменения формы подводного объема судна (рис. 2).

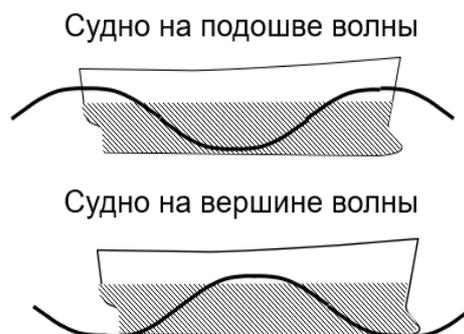


Рис. 2. Изменение формы подводного объема судна

Fig. 2. Changing the shape of the underwater volume of the ship

Значительная опасность для судна наблюдается при положении судна на вершине волны, когда вершина оказывается на миделе судна. Стоит заметить, что более 50 % процентов случаев потери устойчивости судна приходится именно на ситуацию при плавании на попутном волнении (при курсовых углах волнения $180^\circ \pm 45^\circ$). Плавание на данных курсовых углах волнения будет считаться опасным, если характеристика волнения подпадает под следующие 2 условия:

$$c > V,$$

где c – скорость распространения волны, уз; V – текущая скорость судна, уз;

$$\lambda = (0,8 \div 1,3)L_{bp},$$

где λ – длина волны, м; L_{bp} – длина судна между перпендикулярами, м.

При данных условиях наблюдается «захват» судна такой попутной волной, при этом значительно ухудшается управляемость и судно принимает положение «лагом к волне», т. е. явление брочинга. В большинстве случаев у судов, подвергающихся брочингу, число Фруда будет определяться неравенством

$$Fr = V / \sqrt{gL_{bp}} \geq 0,23,$$

где g – ускорение свободного падения, м/с².

Учитывая вышеописанные опасности штормового плавания, судоводителю необходимо избежать их таким образом, чтобы потери в скорости и отклонения от первоначально проложенного курса были минимальными, что повысит эффективность грузоперевозки, не снижая уровень безопасности мореплавания. Для этого необходимо знать

скорость судна, которая при данных характеристиках волнения будет наблюдаться на различных курсовых углах волнения. Наиболее целесообразно использовать формулу Центрального научно-исследовательского института морского флота:

$$V = V_0 - (0,745h_{3\%} - 0,275\chi h_{3\%})(1 - 1,35 \cdot 10^{-6}\Delta V_0),$$

где V_0 – скорость судна на тихой воде, уз; $h_{3\%}$ – высота волны 3 %-й обеспеченности, м; χ – курсовой угол волнения, рад; Δ – водоизмещение судна, т.

На основе вышепредставленных выражений можно построить универсальную штормовую диаграмму, с помощью которой появляется возможность определить неблагоприятные значения курса и скорости судна, а также спрогнозировать потери скорости на волнении. В рамках данной работы использована программа Excel, входящая в стандартный пакет Microsoft Office, который установлен на подавляющем большинстве бортовых компьютеров. Это позволяет обеспечить доступность универсальных диаграмм.

Предлагаемая диаграмма представляет собой таблицу, где указаны данные о судне (ширина, длина между перпендикулярами, скорость на тихой воде, длина по ватерлинии, поперечная метацентрическая высота, осадка носом, осадка кормой, водоизмещение (массовое)) и характеристики волнения (длина волнения, высота волны 3 %-й обеспеченности), а также глубина моря, и непосредственно универсальную круговую штормовую диаграмму. На диаграмме отмечены зоны основно-

го резонанса основных видов качки, зоны параметрического резонанса бортовой качки судна, зона брочинга, а также значения ожидаемой скорости судна при различных курсовых углах волнения.

Использование разработанной диаграммы целесообразно рассмотреть при решении задачи. Рефрижераторное судно шириной 22,1 м и длиной судна между перпендикулярами 137,8 м следует из Южной Америки в Санкт-Петербург с режимным грузом в трюмах и рефрижераторными контейнерами на палубе. По расчетам грузового помощника капитана, длина судна по ватерлинии составляет 140 м, поперечная метацентрическая высота – 0,65 м, осадка носом – 7,29 м, осадка кормой – 7,74 м, водоизмещение (массовое) – 13 094 т. Предполагаемая скорость хода на тихой воде – 18,0 уз. В момент выхода судна из Панамского канала в Карибский бассейн прогнозируемый курсовой угол волнения при переходе участка до Азорских островов составлял 210°, высота волнения 3 %-й обеспеченности – 5 м, длина волнения – 130 м. Следует ли капитану судна использовать штормовые зигзаги при плавании на участке от пролива Мона (выход в Атлантический океан из Карибского моря) до острова Флореш (Азорские острова, Португалия) или идти первоначальным курсом, если известно, что глубина на данном участке – более 1 000 м?

Решение данной задачи осуществляется в два этапа: ввод данных в таблицу и оценка опасностей плавания на определенных курсовых углах волнения. Ввод данных представлен на рис. 3.

	A	B	C
1	Статические данные о судне		
2	Ширина судна В, м	22,1	
3	Длина судна между перпендикулярами Lbp, м	137,8	
4	Скорость судна на тихой воде V0, уз	18	
5	Динамические данные о судне		
6	Длина судна по ватерлинии Lwl, м	140	
7	Поперечная метацентрическая высота ho, м	0,65	
8	Осадка носом dn, м	7,29	
9	Осадка кормой dk, м	7,74	
10	Водоизмещение (массовое) Δ, мт	13094	
11	Данные о волнении		
12	Длина волнения λ, м	130	
13	Высота волны 3%процентной обеспеченности h3%, м	5	
14	Глубина моря, м	1000	
15			

Рис. 3. Таблица ввода данных

Fig. 3. Data entry table

Очевидно, что судоводитель располагает требующимися величинами, необходимыми для расчетов, поэтому заполнение данной таблицы не за-

дает никаких трудностей. После заполнения необходимых величин программа Excel строит круговую диаграмму (рис. 4).

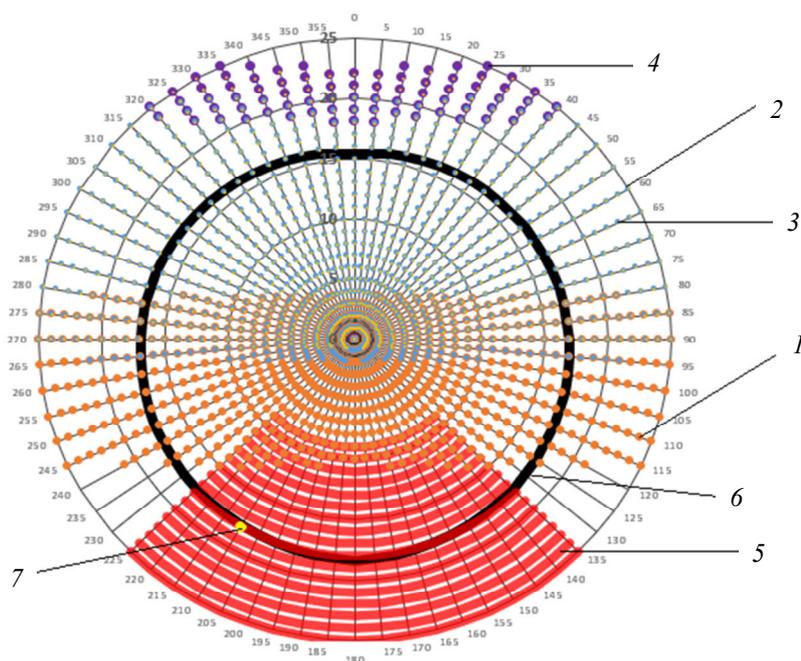


Рис. 4. Универсальная штормовая диаграмма, построенная по данным условиям:
1 – зона основного резонанса бортовой качки; 2 – зона основного резонанса вертикальной качки;
3 – зона основного резонанса килевой качки; 4 – зона параметрического резонанса;
5 – зона брочинга; 6 – линия прогнозируемой скорости судна;
7 – расчетное место попадания судна в опасные зоны

Fig. 4. Universal storm diagram built according to the given conditions: 1 - zone of the main roll resonance; 2 - zone of main heave resonance; 3 - zone of the main resonance of pitching; 4 - zone of parametric resonance; 5 - broach zone; 6 - line of the predicted speed of the vessel; 7 - estimated place where the ship enters the dangerous zones

После построения диаграммы появляется возможность оценить опасности для судна, а также прогнозируемую скорость. При данных условиях в задаче судно будет иметь прогнозируемую скорость 17,2 уз, также высока вероятность брочинга, что крайне опасно. Согласно диаграмме на курсовых углах волнения 130° и 230° отсутствуют негативные эффекты и скорость будет составлять 16,9 уз. При таком снижении скорости судно будет проходить на 7,2 морских мили в сутки меньше, чем при следовании первоначальным курсом. Также увеличится пройденное расстояние. Однако целесообразно выполнить штормовой маневр $130^\circ - 230^\circ$ для избегания опасной зоны брочинга, т. к. попадание в данную зону сильно ухудшит управляемость судна, появляется высокий риск «захватом» судна попутной волной с дальнейшей потерей поперечной остойчивости.

Отметим, что при непосредственном наблюдении с судна (рефрижераторное судно типа Wild), указанного в условиях данной задачи, были выявлены те же опасности штормового плавания и потери в скорости (без учета намеренного снижения) на аналогичных курсовых углах волнения, пока-

занных на построенной диаграмме. Наблюдения проводились на судне как в балласте, так и в грузу, при осуществлении океанских переходов (район Северной Атлантики в летний и зимний периоды, Тихий океан, Индийский океан), а также при плавании в Северном и Балтийском морях.

Заключение

Предложен метод выбора наиболее выгоднейшего пути с учетом особенностей судна, а также метод построения универсальной штормовой диаграммы с помощью программы Excel. Универсальная штормовая диаграмма дает наглядную информацию о всех негативных явлениях, действующих на судно на волнении, достижение опасных значений которых может угрожать безопасности судоходства, а также позволяет определить потери в скорости на волнении. Использование данного метода позволяет судоводителю в максимально короткие сроки и с наименьшими усилиями принять решение о выборе курса судна при штормовом плавании, тем самым способствуя поддержанию высокого уровня эффективности грузоперевозки.

Список источников

1. Нуриев Р. А., Ершов А. А. Проблема выбора наивыгоднейшего пути морского судна // Сб. тезисов докл. Нац. науч.-практ. конф. профессор.-преподават. состава ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» (Санкт-Петербург, 16 сентября – 25 октября 2020 г.). СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2020. С. 83–84.
2. Вагущенко Л. Л., Вагущенко А. Л., Заичко С. И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. Одесса: Феникс, 2005. 272 с.
3. Акмайкин Д. А., Хоменко Д. Б., Ключева С. Ф. Обзор функциональных возможностей и перспективы современных автоматизированных систем планирования маршрута судна // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2017. Т. 9. № 2. С. 237–251.
4. Ершов А. А., Сольнов С. В., Бояринов А. М. Диаграмма для определения опасных областей при движении судна в штормовом море // Вестн. Астрахан. гос.

- техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2018. № 2. С. 22–27.
5. Липис В. Б., Ремез Ю. В. Безопасные режимы штормового плавания судов: справ.-практ. пособие. М.: Транспорт, 1982. 117 с.
6. Ершов А. А., Буклис П. И., Развозов С. Ю. Способы эффективного маневрирования танкера в условиях шторма // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2020. Т. 12. № 3. С. 515–525.
7. Ершов А. А., Буклис П. И., Развозов С. Ю. Обоснование и расчет «штормовых зигзагов» при плавании танкеров // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2022. Т. 14. № 1. С. 40–54.
8. Нуриев Р. А., Ершов А. А. Процедура выбора оптимального пути океанского перехода при штормовом плавании // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2021. Т. 13. № 5. С. 625–635.

References

1. Nuriev R. A., Ershov A. A. Problema vybora naivyygodneishogo puti morskogo sudna [Problem of choosing optimal way for sea vessel]. *Sbornik tezisov dokladov Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii professor-sko-prepodavatel'skogo sostava FGBOU VO «GUMRF imeni admirala S. O. Makarova» (Sankt-Peterburg, 16 sentiabria 2020 g. – 25 oktiabria 2020 g.)*. Saint-Petersburg, Izd-vo GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2020. Pp. 83-84.
2. Vagushchenko L. L., Vagushchenko A. L., Zaichko S. I. *Bortovye avtomatizirovannye sistemy kontrolya morekhodnosti* [Onboard automated seaworthiness control systems]. Odessa, Feniks Publ., 2005. 272 p.
3. Akmaikin D. A., Khomenko D. B., Kliueva S. F. *Obzor funktsional'nykh vozmozhnostei i perspektivy sovremennykh avtomatizirovannykh sistem planirovaniia marshruta sudna* [Overview of functionality and prospects of modern automated ship route planning systems]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2017, vol. 9, no. 2, pp. 237-251.
4. Ershov A. A., Sol'nov S. V., Boiarinov A. M. *Dia-gramma dlia opredeleniia opasnykh oblastei pri dvizhenii sudna v shtormovom more* [Diagram for determining dangerous areas at ship navigation in stormy sea]. *Vestnik Astrakhanskogo*

- gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaiia tekhnika i tekhnologiia*, 2018, no. 2, pp. 22-27.
5. Lipis V. B., Remez Iu. V. *Bezopasnye rezhimy shtormovogo plavaniia sudov: spravochno-prakticheskoe posobie* [Safe regimes of storm navigation of ships: reference and practical guide]. Moscow, Transport Publ., 1982. 117 p.
6. Ershov A. A., Buklis P. I., Razvozov S. Iu. *Sposoby effektivnogo manevrirovaniia tankera v usloviakh shtorma* [Methods for efficient tanker maneuvering in stormy conditions]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2020, vol. 12, no. 3, pp. 515-525.
7. Ershov A. A., Buklis P. I., Razvozov S. Iu. *Obosnovanie i raschet «shtormovykh zigzagov» pri plavanii tankerov* [Substantiation and calculation of storm zigzags during tanker navigation]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 40-54.
8. Nuriev R. A., Ershov A. A. *Protsedura vybora optimal'nogo puti okeanskogo perekhoda pri shtormovom plavanii* [Procedure of choosing optimal route of crossing ocean in stormy navigation]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2021, vol. 13, no. 5, pp. 625-635.

Статья поступила в редакцию 17.04.2023; одобрена после рецензирования 29.06.2023; принята к публикации 15.08.2023
The article was submitted 17.04.2023; approved after reviewing 29.06.2023; accepted for publication 15.08.2023

Информация об авторе / Information about the author

Рамазан Айдынович Нуриев – аспирант кафедры навигации; Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова; r.a.nuriev@yandex.ru

Ramazan A. Nuriev – Postgraduate Student of the Department of Navigation; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; r.a.nuriev@yandex.ru

