

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

УДК 655.62.052.4

А. А. Ершов, А. В. Теренчук

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ШТОРМОВОГО ПЛАВАНИЯ СУДОВ

Для того чтобы определять состояние морской поверхности, направление и силу ветра, высоту и направление волнения, при планировании рейса должна учитываться гидрометеорологическая информация в виде прогнозов, которые могут быть получены от национальных гидрометеорологических обсерваторий, частных служб (например, Applied Weather Technology Inc.) и судов, участвующих в добровольных системах метеонаблюдения. На этапе выполнения плана перехода судна, в случае получения неблагоприятного прогноза погоды, план должен корректироваться. Использование электронных картографических навигационных систем (ЭКНИС) позволяет отображать гидрометеорологическую информацию на электронных картах, имеющих предварительную и исполнительную прокладки курса. Предложен метод обеспечения безопасности штормового плавания судов, в рамках которого рассматривается использование специально рассчитанных круговых диаграмм для определения опасных параметров качки, а также других параметров, влияющих на мореходность судна в условиях шторма. Диаграммы заранее рассчитываются для определенных опасных условий штормового плавания, которые могут возникнуть для судна или груза. С учетом того, что наиболее актуальными для судоводителя в условиях шторма являются расчетные данные о предстоящих углах крена бортовой качки, приводится пример расчета круговой диаграммы амплитуды бортовой качки судна при различных курсовых углах крена. Приводится пример безопасного расхождения судна со штормом с использованием круговых диаграмм. Предлагаемый метод может быть использован для совершенствования существующих навигационных приборов судна, а также при автоматизации решения задач по безопасности штормового плавания.

Ключевые слова: штормовое плавание, опасные параметры качки, круговые диаграммы, повышение безопасности штормового плавания.

Введение

В настоящее время абсолютное большинство аварий судов происходит в условиях штормового плавания. В качестве примера можно привести такие крупные морские катастрофы, как гибель платформы «Кольская», унесшая жизни 57 человек, исчезновение со всем экипажем траулера «Аметист» и сухогруза «Капитан Усков», а также многие другие. Это говорит о том, что вопросы безопасности штормового плавания и сохранения мореходных качеств судов в условиях шторма остаются чрезвычайно актуальными [1, 2].

В Советском Союзе вопросам безопасности штормового плавания судов уделялось значительное внимание. Были разработаны специальные штормовые диаграммы (Ю. В. Ремез, Д. В. Кондриков, В. Б. Липис и др.), а также руководящие документы: «Рекомендации по обеспечению безопасности плавания судов в осенне-зимний период и в штормовых условиях» (РОБПС-84) и «Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении» (РД 31.00.57.1-88) и др. К сожалению, эти рекомендации остались на уровне российских национальных требований. Следует отметить, что использование диаграмм вышеперечисленных авторов в условиях современных информационных технологий может быть определенным анахронизмом – работа с ними может отвлекать судоводителя от наблюдения и управления судном. Все вышеперечисленное делает проблему обеспечения безопасности штормового плавания одной из самых актуальных для судоходства.

Предлагаемый метод решения проблемы

Современные суда оснащены различными навигационными приборами и системами контроля движения судна, в том числе в условиях шторма. Тем не менее количество катастроф и аварий не уменьшается. Так, в 2013 г. поступили заявления о 716 случаях, из них 305 – крупные аварии.

Таким образом, очевидна целесообразность разработки новых видов информации, необходимой судоводителю, что позволит решать задачи безопасности штормового плавания на базе современных навигационных приборов и технологий отображения информации о шторме, используемых на судах. Особенно важной эта информация может оказаться при планировании перехода в условиях предстоящего шторма.

Согласно резолюции Международной морской организации (ИМО) А.893(21) «Руководство по планированию рейса», «планирование рейса и перехода включает оценку, т. е. сбор всей информации, относящейся к предполагаемому рейсу или переходу; подробное планирование всего рейса или перехода от причала до причала, включая районы, в которых требуется присутствие на борту лоцмана; выполнение плана и контроль за продвижением судна при выполнении плана». При планировании рейса должна учитываться гидрометеорологическая информация в виде прогнозов, чтобы определять состояние морской поверхности, направление и силу ветра, а также высоту и направление волнения. Помимо этого, на этапе выполнения плана, в случае получения неблагоприятного прогноза погоды план должен корректироваться, чтобы обеспечить безопасность судна, груза и экипажа. Прогноз погоды может быть получен из различных источников. По всему миру расположены национальные гидрометеорологические обсерватории, которые ведут наблюдения и делают прогнозы, кроме того, многие суда участвуют в добровольных системах метеонаблюдения. Существуют также частные службы (например, Applied Weather Technology Inc.), передающие подробную гидрометеорологическую информацию на судно. Прогнозы могут быть переданы на судно в виде факсимильных карт, сообщений NAVTEX либо другим путем.

Полученные гидрометеорологические данные могут быть проложены на карте вручную либо автоматически – с помощью электронных картографических навигационных систем (ЭКНИС). В настоящее время все больше судов оборудуются ЭКНИС, а в соответствии с резолюцией Комитета по безопасности на море ИМО MSC.282(86) «Поправки к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море, 1974 г.» к 2018 г. ЭКНИС будут обязаны иметь на борту все суда. Использование ЭКНИС для планирования и выполнения перехода упрощает и ускоряет обработку информации, снижает влияние человеческого фактора, а интеграция с другими инструментами дает возможность иметь всю необходимую информацию на одном дисплее и возможность более эффективного контроля за проходящими потоками информации.

Таким образом, с помощью ЭКНИС возможно отображение гидрометеорологической информации на электронных картах, имеющих предварительную и исполнительную прокладки, что делает наглядной информацию о состоянии погоды на интересующих участках перехода и упрощает процедуру принятия решения об изменении плана перехода в случае необходимости. Как говорилось выше, в условиях шторма большую роль играет волнение и его параметры.

На практике судам приходится не просто изменять курс – часто бывает необходимо внести серьезные изменения в запланированный маршрут для того, чтобы разойтись с такими опасными явлениями, как тропический шторм. На рис. 1 видно, как судно, следующее на Тайвань, получает информацию о надвигающемся шторме Кросса.

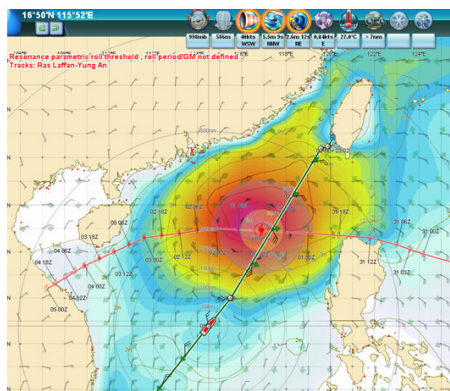


Рис. 1. Шторм Кросса на предварительной прокладке электронной карты

Согласно информации, занесенной на электронную карту, судно попадет в центр шторма Кросса (рис. 1), т. е. может подвергнуться чрезвычайной опасности. Необходимо определить маневры судна, которые позволят избежать потери мореходных качеств в условиях предстоящего штормового плавания.

Для решения этой задачи могут быть использованы специально рассчитываемые, периодически обновляемые и отображаемые ЭКНИС круговые диаграммы. На данных диаграммах отображается информация, актуальная для обеспечения мореходных качеств судна в условиях предстоящего шторма. Такой подход впервые использовался в [3]. Аналогичные задачи с использованием других методов решения рассматривались в [4–8 и др.].

Практика показывает, что наиболее актуальной для судоводителя информацией о мореходных качествах судна при различных курсовых углах волнения (КУВ) являются расчетные данные о предстоящих углах крена (амплитуде) бортовой качки. Пример такой круговой диаграммы для высоты волны 4 м и конкретного судна представлен на рис. 2. На диаграмме заштрихованные зоны КУВ соответствуют опасной (чрезмерной) амплитуде бортовой качки для данного судна. На диаграмме представлены также значения амплитуд предстоящей бортовой качки.

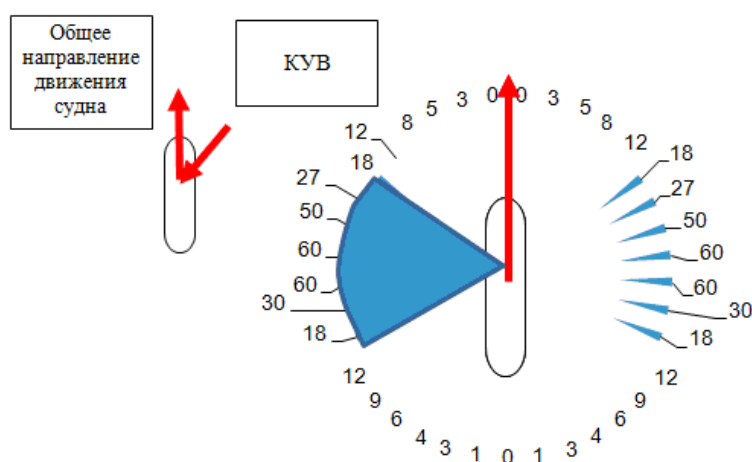


Рис. 2. Круговая диаграмма углов крена на качке (амплитуды бортовой качки) при различных курсовых углах волнения

Для расчета круговой диаграммы могут быть использованы следующие зависимости:

$$\cos \varphi = \frac{1,25\sqrt{\lambda} - \frac{\lambda}{\tau}}{v},$$

где λ – длина волны, м; φ – КУВ, при котором возникает резонанс, град; τ – период бортовой качки на тихой воде, с; v – скорость судна, м/с.

Амплитуда качки судна без учета сопротивления воды может быть определена как

$$\theta = \alpha_{\varphi} \frac{1}{1 - \left(\frac{\tau}{\tau_k}\right)^2},$$

где α_{φ} – эффективный угол волнового склона, рад; τ_k – кажущийся период волны, с.

Для определения τ_k может быть использована формула

$$\tau_k = \frac{\lambda}{1,25\sqrt{\lambda} - v \cos \varphi}.$$

Эффективный угол волнового склона может быть найден по формуле

$$\alpha_{\varphi} = \alpha_0 \sin \varphi,$$

где α_0 – максимальный угол волнового склона, рад.

Максимальный угол волнового склона может быть найден по формуле

$$\alpha_0 = \pi \frac{H_{\text{в}}}{\lambda},$$

где $H_{\text{в}}$ – высота волны предстоящего шторма, м.

Способы использования круговых диаграмм

Круговая диаграмма вместе с данными о предварительной прокладке предстоящего перехода судна и предстоящем шторме может использоваться следующим образом (рис. 3).

На предварительной прокладке движения судна при предстоящем расхождении со штормом Кросса откладывают круговые диаграммы, рассчитанные для высоты волны, соответствующей предстоящему шторму.

По данным о ветре и волнении предстоящего шторма (см. рис. 1) определяют, попадает ли предстоящий ветер (волнение) в опасные зоны на круговой диаграмме (рис. 3).

По данным о попадании предстоящего ветра и волнения в опасную или безопасную зону выбирают безопасный курс для предстоящего расхождения со штормом Кросса и другими опасностями в предстоящем переходе [9].

В точках предстоящего изменения курса (рис. 3) контролируется перемещение шторма и в соответствии с предстоящей высотой волны пересчитываются круговые диаграммы.

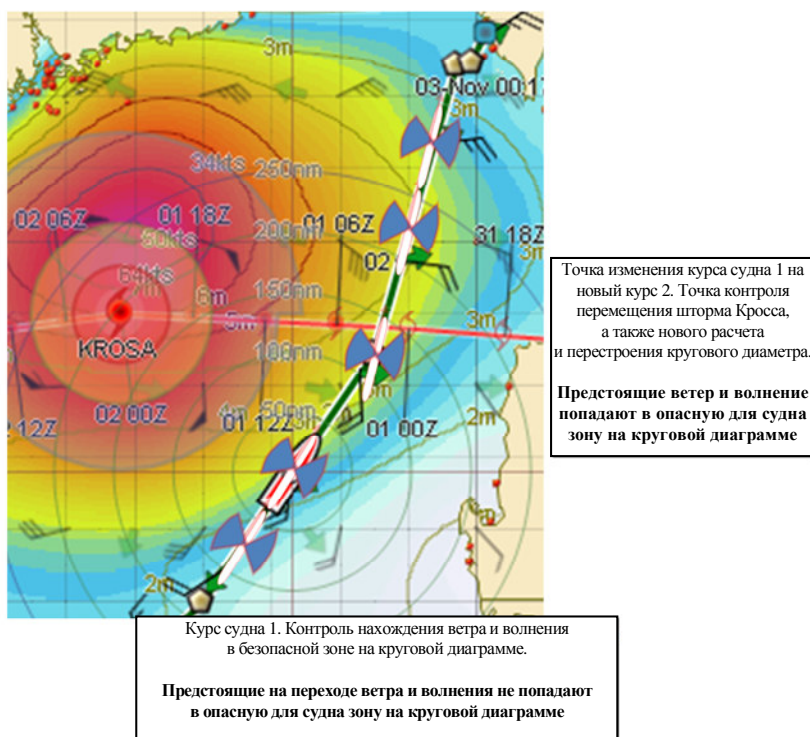


Рис. 3. Использование круговых диаграмм для безопасного расхождения со штормом Кросса

На основании имеющейся информации, в целях обеспечения безопасности судна, судоводителем принимается решение об изменении курса, как показано на рис. 4.

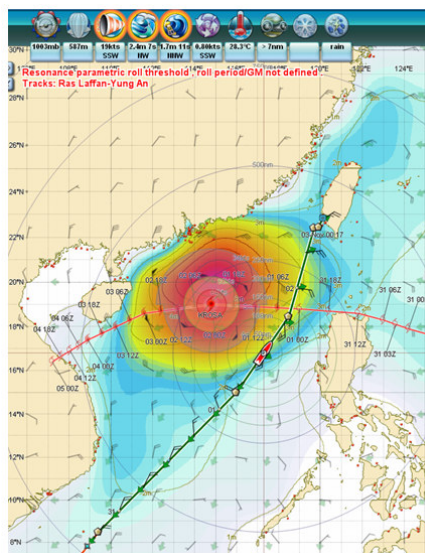


Рис. 4. Уклонение от шторма Кросса с использованием круговой диаграммы амплитуды качки

Согласно рис. 4, судно проходит шторм Кросса безопасно для своих мореходных качеств и, в частности, по амплитуде бортовой качки.

Заключение

Предлагаемый метод обеспечения безопасности штормового плавания основан на использовании специально рассчитанных круговых диаграмм, которые могут быть отображены ЭКНИС современного судна. На диаграммах может отображаться актуальная информация, которая позволит обеспечить мореходные качества судна в условиях предстоящего шторма.

Приведен пример круговой диаграммы для высоты волны 4 м и конкретного судна, подтверждающий, что использование круговых диаграмм позволяет усовершенствовать процедуру обеспечения безопасности штормового плавания и будет способствовать развитию перспективной навигационной аппаратуры [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ершов А. А.* От «Титаника» до «Costa Concordia». Неиспользованные возможности для спасения: моногр. / А. А. Ершов. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Deutschland, 2013. 146 с.
2. *Ершов А. А.* Некоторые аварии и катастрофы отечественных и иностранных судов: моногр. / А. А. Ершов, В. И. Никольский. СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова, 2013. 196 с.
3. *Ершов А. А.* Использование зон безопасного расхождения для движения судов на подходах к портам и внутренних водных путях // Сб. науч. тр. проф.-преп. состава ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова, 2014. С. 6–13.
4. *Некрасов С. Н.* Макрокогнитивное моделирование процессов судовождения / С. Н. Некрасов, И. В. Капустин, М. С. Старов // Вестн. ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. 2013. № 1 (20). С. 82–85.
5. *Кондратьев С. И.* Полифакторный анализ процесса предупреждения столкновений судов / С. И. Кондратьев, А. Л. Боран-Кешишьян // Вестн. ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. 2013. № 2 (21). С. 7–13.
6. *Некрасов С. Н.* Определение навигационных рисков при имитационном моделировании управления судном при проходе узкости / С. Н. Некрасов, К. И. Ефимов, Д. В. Трененков // Вестн. ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. 2014. № 1 (23). С. 34–36.
7. *Бурмака И. А.* Управление группой судов в ситуации опасного сближения / И. А. Бурмака, А. Ю. Булгаков // Вестн. ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. 2014. № 6 (28). С. 1–13.
8. *Некрасов С. Н.* Вычисление гарантированного курса расхождения при опасности сближения вплотную / С. Н. Некрасов, Д. В. Трененков, К. И. Ефимов // Вестн. ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. 2015. № 1 (29). С. 1–15.
9. *Ершов А. А.* Разработка системы интеллектуальной поддержки судоводителя для снижения опасности столкновений судов: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2012. 322 с.

10. Ершов А. А. Поддержание мореходных качеств судна в аварийных ситуациях // Тез. докл. науч.-техн. конф. проф.-преп. состава и науч. сотрудников ГМА им. адмирала С. О. Макарова / А. А. Ершов. СПб., 2010.

Статья поступила в редакцию 29.06.2015

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ершов Андрей Александрович – Россия, 198035, Санкт-Петербург; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; г-р техн. наук, доцент; доцент кафедры «Маневрирование и управление судном»; ershov_63@mail.ru.

Теренчук Александр Владимирович – Россия, 198035, Санкт-Петербург; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; аспирант кафедры «Маневрирование и управление судном»; ershov_63@mail.ru.



A. A. Ershov, A. V. Terenchuk

IMPROVEMENT OF THE METHODS OF ENSURING SAFETY OF STORM NAVIGATION OF THE SHIPS

Abstract. In order to determine the state of the sea surface, wind direction and strength, height and direction of waves, when planning the flight hydrometeorological information in the form of projections should be taken into account, it can be obtained from national meteorological observatories, private services (e. g., Applied Weather Technology Inc.) and vessels participating in the voluntary systems of meteorological observations. At the stage of the ship's passage plan actualization, in case of adverse weather, the plan should be adjusted. The use of electronic map navigation systems (ECDIS) allows to display hydrometeorological information on electronic maps with planning and route course. The method for ensuring safety of storm navigation of the vessels is proposed, within this method the use of the specially designed circular charts to determine the parameters of the dangerous pitching, as well as other parameters that affect the seaworthiness of the vessel during a storm, is considered. The charts are calculated in advance for certain hazardous conditions of storm navigation that may arise to the ship or cargo. Taking into account the fact that the most relevant thing to the skipper during a storm is an estimation of the upcoming rolling angles, an example of calculating a circular chart of the amplitude of roll at various angles of the vessel coursework is given. An example of a safe ship discrepancy with a storm using the circular charts is presented. The proposed method can be used to improve the existing vessel navigation devices, as well as the automation of solving the safety of storm navigation.

Key words: storm navigation, dangerous pitching options, circular charts, improvement of safe storm navigation.

REFERENCES

1. Ershov A. A. *Ot «Titanika» do «Costa Concordia»*. Neispol'zovannye vozmozhnosti dlia spaseniia [From Titanic to Costa Concordia. Unused possibilities to be saved]. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Deutschland, 2013. 146 p.
2. Ershov A. A., Nikol'skii V. I. *Nekotorye avarii i katastrofy otechestvennykh i inostrannykh sudov* [Some accidents and disasters of foreign and domestic ships]. Saint-Petersburg, Izdatel'stvo Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova, 2013. 196 p.
3. Ershov A. A. *Ispol'zovanie zon bezopasnogo raskhozhdeniia dlia dvizheniia sudov na podkhodakh k portam i vnutrennikh vodnykh putiakh* [Use of zones of safe pass for ship navigation near the ports and in closed water ways]. *Sbornik nauchnykh trudov professorsko-prepodavatel'skogo sostava Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*. Saint-Petersburg, Izdatel'stvo Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova, 2014, pp. 6–13.

4. Nekrasov S. N., Kapustin I. V., Starov M. S. Makrokognitivnoe modelirovanie protsessov sudovozhdeniia [Macrocognitive modeling of the navigation processes]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2013, no. 1 (20), pp. 82–85.
5. Kondrat'ev S. I., Boran-Keshish'ian A. L. Polifaktornyi analiz protsessa preduprezhdeniia stolknovenii sudov [Polyfactorial analysis of the processes of preventing collisions]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2013, no. 2 (21), pp. 7–13.
6. Nekrasov S. N., Efimov K. I., Trenenkov D. V. Opredelenie navigatsionnykh riskov pri imitatsionnom modelirovanii upravleniia sudnom pri prokhode uzkosty [Determination of the navigation risks during simulation of ship control while narrow passing]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2014, no. 1 (23), pp. 34–36.
7. Burmaka I. A., Bulgakov A. Iu. Upravlenie gruppoy sudov v situatsii opasnogo sblizheniia [Control of a group of the ships in the situation of dangerous collision]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2014, no. 6 (28), pp. 1–13.
8. Nekrasov S. N., Trenenkov D. V., Efimov K. I. Vychislenie garantirovannogo kursa raskhozhdeniia pri opasnosti sblizheniia vplotnuiu [Calculation of the guaranteed passing course at danger of close collision]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2015, no. 1 (29), pp. 1–15.
9. Ershov A. A. *Razrabotka sistemy intellektual'noi podderzhki sudovoditel'ia dlia snizheniia opasnosti stolknovenii sudov: dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Development of the system of intellectual support of the navigator to minimize the risk of collision. Dis. cand. tech. sci.]. Saint-Petersburg, 2012. 322 p.
10. Ershov A. A. Podderzhanie morekhodnykh kachestv sudna v avariinykh situatsiiakh [Development of the navigation ship parameters in the emergent situations]. *Tezisy докладов nauchno-tekhnicheskoi konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava i nauchnykh sotrudnikov Gosudarstvennoi morskoi akademii imeni admirala S. O. Makarova*. Saint-Petersburg, 2010.

The article submitted to the editors 29.06.2015

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ershov Andrey Aleksandrovich – Russia, 198035, Saint-Petersburg; State University of Maritime and Inland Shipping named after Admiral Makarov; Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department "Maneuvering and Control of the Vessel"; ershov_63@mail.ru.

Terenchuk Alexander Vladimirovich – Russia, 198035, Saint-Petersburg; State University of Maritime and Inland Shipping named after Admiral Makarov; Postgraduate Student of the Department "Maneuvering and Control of the Vessel"; ershov_63@mail.ru.

