

DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-489-498

METHODS OF FORECASTING AND AVOIDING RESONANCE WITH THE USE OF PIE CHARTS

A. V. Terenchuk

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

The article is aimed at improving the safety of navigation with the help of proposed by author of pie charts. Currently, the vast majority of shipwrecks occurs in a storm. Such a major naval disaster, like the death of the platform "Kolskaya", which killed 57 people, the disappearance of the trawler "Amethyst" and the ship "captain Uskov" with the crew and many other accidents occurred in storm conditions. All this suggests that currently, the issues of safety of storm navigation and preservation of seaworthiness in rough seas is extremely important.

The article discusses the use of special pie charts to determine the danger of the storm on the ship. Pie charts is calculated in advance to determine the resonance and other dangerous storm conditions that may occur to the vessel or cargo of the ship to the rolling, pitching and heaving. The article provides examples of how to avoid using data from charts for the solution of navigation problems that can arise when the divergence of vessels in narrow waters.

Practical implementation of the results of the present work on the LNG carrier «Al Takhira» shows that with the use of pie charts gives an opportunity to increase the number of problems solved by the navigator to ensure the safety of the vessel in storm conditions, it is possible to solve the problems of avoiding resonance of rolling, pitching and vertical motion simultaneously with the solving problems with the navigation hazards.

The proposed methods use pie charts can be used to improve existing navigational devices of the vessel. Proposed in this article approach can be used to automate the decision of tasks of safety of storm navigation of all vessels.

Keywords: pie chart, solving navigation tasks, prevention of the resonance, storm.

For citation:

Terenchuk, Alexander V. "Methods of forecasting and avoiding resonance with the use of pie charts." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.3 (2017): 489–498. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-489-498.

УДК 656.61

МЕТОДЫ ПРОГНОЗА И ИЗБЕЖАНИЯ РЕЗОНАНСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРУГОВЫХ ДИАГРАММ

А. В. Теренчук

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

Статья направлена на повышение безопасности движения судов с использованием предложенных автором круговых диаграмм. В настоящее время абсолютное большинство аварий судов происходит в условиях штормового плавания. Такие крупные морские катастрофы, как гибель платформы «Кольская», в результате которой погибли 57 человек, исчезновение со всем экипажем траулера «Аметист» и сухогруза «Капитан Усков», а также многие другие аварии произошли в условиях штормового плавания. Все это свидетельствует о том, что в настоящий момент вопросы безопасности штормового плавания и сохранения мореходных качеств в условиях шторма чрезвычайно актуальны.

В статье рассматривается использование специальных круговых диаграмм для определения опасностей шторма для судна. Данные диаграммы заранее рассчитываются для определения резонанса и других опасных условий штормового плавания, которые могут возникать для судна или груза судна при бортовой, килевой и вертикальной качке. В статье приводятся примеры, позволяющие избежать аварий с использованием данных диаграмм, с одновременным решением навигационных задач, которые могут возникать при расхождении судов в узкостях.

Практическое внедрение результатов настоящей работы на газовозе «Al Takhira» показывает, что с использованием круговых диаграмм появляется возможность увеличить количество задач, реша-

емых судоводителем для обеспечения безопасности судна в условиях штормового плавания, появляется возможность решения задач во избежание резонанса по бортовой, а также килевой и вертикальной качке одновременно с решением задач расхождения с навигационными опасностями и / или встречными судами. Предлагаемые в статье методы использования круговых диаграмм могут быть также использованы для совершенствования существующих навигационных приборов судна. Предложенный в данной статье подход может быть использован при автоматизации решения задач безопасности штормового плавания всех судов.

Ключевые слова: круговые диаграммы, решение навигационных задач, предотвращение резонанса, шторм.

Для цитирования:

Теренчук А. В. Методы прогноза и избежания резонанса с использованием круговых диаграмм / А. В. Теренчук // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 3. — С. 489–498. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-489-498.

Введение (Introduction)

Задача обеспечения безопасности в условиях шторма всегда была одной из наиболее важных для мирового судоходства. По данным международной морской организации ИМО более 70 % всех аварий судов, приведших к их гибели, произошли в условиях штормового моря. С самого раннего развития судоходства и теории судна как науки лучшие специалисты посвящали свои труды вопросам обеспечения безопасности судна в условиях взволнованного моря.

В настоящее время абсолютное большинство аварий судов происходит в условиях штормового плавания. Такие крупные морские катастрофы, как гибель платформы «Кольская», в результате которой погибли 57 человек, исчезновение со всем экипажем траулера «Аметист» и сухогруза «Капитан Усков», а также многие другие аварии произошли в условиях штормового плавания. Все это свидетельствует о том, что в настоящее время вопросы безопасности штормового плавания и сохранения мореходных качеств в условиях шторма чрезвычайно актуальны [1], [2], [3] – [5]. Особую опасность для судна представляет развитие штормовых явлений в условиях узкостей, при наличии встречных и попутных судов. Вопросы обеспечения безопасности судов в узкостях проанализированы в работах [6] – [9]. Однако вопросы штормового плавания в них не рассматривались.

В Советском Союзе вопросам безопасности штормового плавания судов уделялось значительное внимание. Были разработаны специальные штормовые диаграммы Ю. В. Ремеза, Д. В. Кондрикова, В. Б. Липиса, а также рекомендации по плаванию судов в условиях шторма: РОБПС-84, РД 31.00.57.1-88 («Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении») и др. К сожалению, большинство из указанных рекомендаций либо не были использованы на мировом флоте, либо остались на уровне российских национальных требований. Кроме того, данные диаграммы не были предназначены для решения навигационных задач и не могли включаться в навигационные приборы судна.

Современное судоходство, подпадающее под международные требования, сформулированные в Конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74), носит международный характер и определяется требованиями ИМО. На современных судах появились и стали обязательными для применения новые виды навигационной техники, такие как ЭКНИС, САРП, АИС и др. В этих навигационных приборах совмещается решение многих видов задач, связанных с прогнозированием и обеспечением безопасности перехода судна. Однако решение многих задач обеспечения безопасности штормового плавания при прогнозировании перехода судна и расхождении со штормом совместно с решением навигационных задач до сих пор остается на прежнем уровне.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Ранее автором предлагалось использовать в целях обеспечения безопасности штормового плавания специально рассчитанные круговые диаграммы, которые могут быть использованы в различных условиях плавания [10] – [12]. В настоящей статье предлагаются практические методы применения предложенных круговых диаграмм во избежание резонанса по бортовой, килевой и вертикальной качке.

Метод прогноза и избегания резонанса по бортовой качке при помощи круговых диаграмм. Применение данного метода может быть разделено на следующие этапы. 1-й этап — с использованием предварительной прокладки (Passage Plan) с учетом предстоящего прогноза погоды определяется опасность возникновения бортовой качки судна в условия штормовой погоды на предстоящем переходе судна смотри [10] – [12]. 2-й этап — с использованием прогноза погоды на переход судна определяется прогнозируемая высота волнения предстоящего шторма. 3-й этап — для данной высоты волны и предполагаемой скорости движения судна рассчитывается круговая диаграмма для данного судна и предстоящего шторма в соответствии с материалами публикаций [10] – [12]. 4-й этап — с учетом предстоящего курса судна и направления волнения определяется курсовой угол волны предстоящего шторма. 5-й этап — с использованием рассчитанной круговой диаграммы определяется, попадает ли данный курсовой угол волнения (КУВ) в опасную зону на круговой диаграмме (рис. 1). В случае попадания КУВ в опасную зону с использованием круговой диаграммы определяется необходимое изменение курса судна для «выхода» КУВ из зоны резонанса, как это показано на рис. 2.

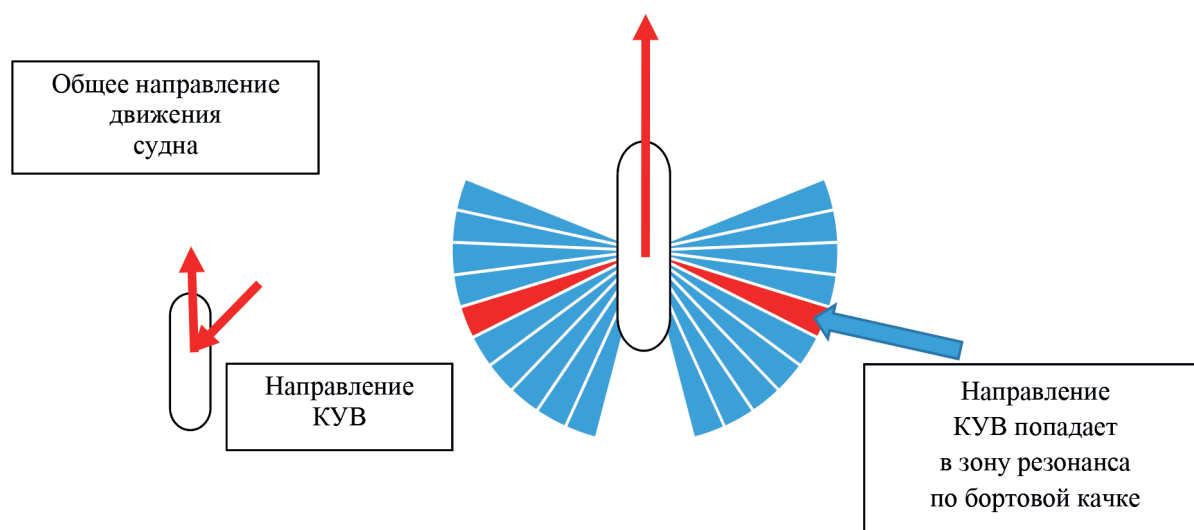


Рис. 1. Круговая диаграмма резонансных зон по бортовой качке судна при данной скорости судна

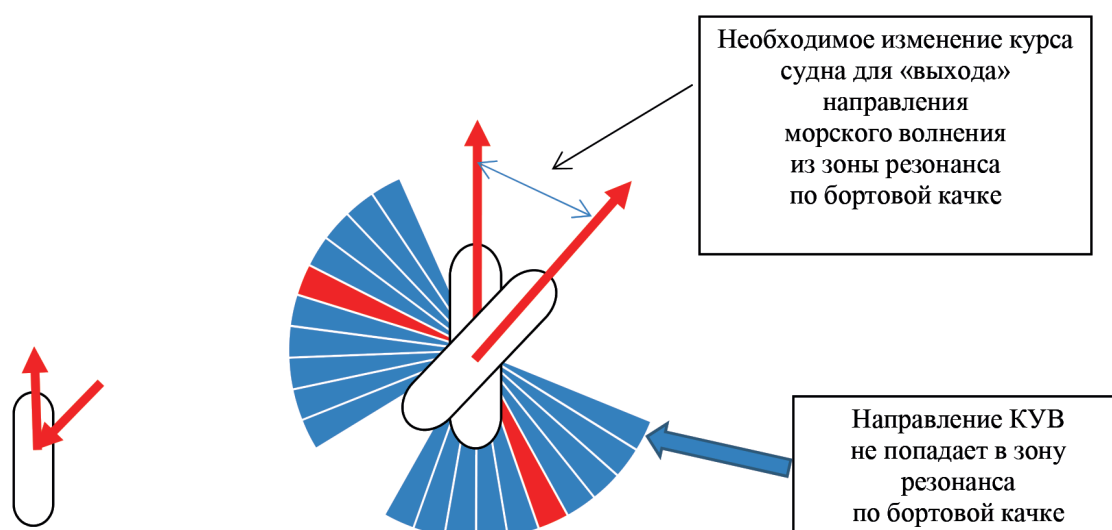


Рис. 2. Изменение курса с использованием круговой диаграммы резонансных зон по бортовой качке судна для «выхода» из зоны резонанса

С использованием результатов, полученных с помощью круговой диаграммы, судоводитель выбирает необходимое изменение курса с учетом конкретной навигационной обстановки.

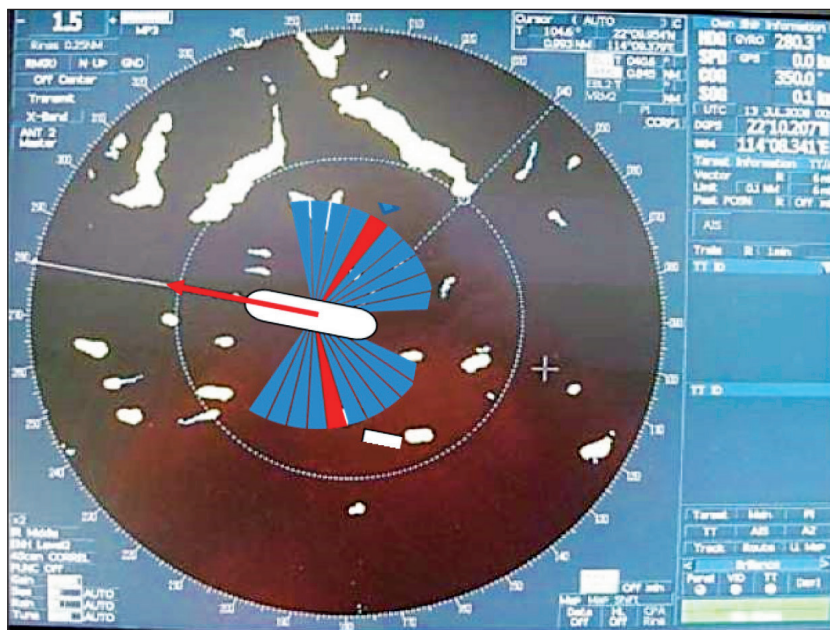


Рис. 3. Решение задачи изменения курса с использованием круговой диаграммы резонансных зон по бортовой качке судна при помощи кальки с круговой диаграммой, наложенной на экран РЛС

Пример использования круговой диаграммы резонансных зон по бортовой качке и РЛС приведен на рис. 3. Для решения задачи расхождения с опасностями судоводителем учитываются данные рассчитанной круговой диаграммы в виде прозрачной кальки, наложенной на центр экрана РЛС. Курсовой угол волнения определяется также визуально по характерным отметкам на экране РЛС. Этот способ был применен и внедрен на судне-газовозе «Al Takhira».

В случае, если навигационная обстановка и / или окружающие суда позволяют изменить курс для выхода судна из опасной зоны в соответствии с решением по круговой диаграмме, рассматривается вариант расхождения со штормом в соответствии с рекомендациями [10] – [12] и рис. 2 и 3. С включением данного метода в состав аппаратуры ЭКНИС, РЛС, САРАП и других перспективных навигационных приборов данная задача может решаться в автоматическом режиме.

Метод прогноза и избежания резонанса по килевой качке при помощи круговых диаграмм. Применение данного метода также может быть разделено на следующие этапы. 1-й этап — с использованием предварительной прокладки (Passage Plan) с учетом предстоящего прогноза погоды определяется опасность возникновения килевой качки судна в условиях штормовой погоды на предстоящем переходе судна. 2-й этап — с использованием прогноза погоды на переход судна определяется прогнозируемая высота волнения предстоящего шторма. 3-й этап — для данной высоты волны и предполагаемой скорости движения судна рассчитывается круговая диаграмма для данного судна и предстоящего шторма в соответствии с материалами [10] – [12]. 4-й этап — с учетом предстоящего курса судна и направления волнения определяется КУВ предстоящего шторма. 5-й этап — с использованием рассчитанной круговой диаграммы определяется, попадает ли данный КУВ в опасную зону на круговой диаграмме (рис. 4). В случае попадания его в опасную зону с использованием круговой диаграммы определяется необходимое изменение курса судна для «выхода» КУВ из опасной зоны, как это показано на рис. 5.

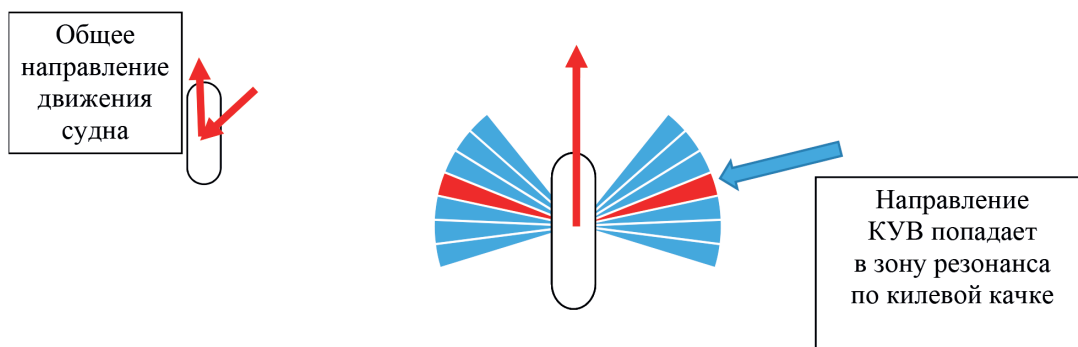


Рис. 4. Круговая диаграмма резонансных зон по килевой качке судна при данной скорости судна

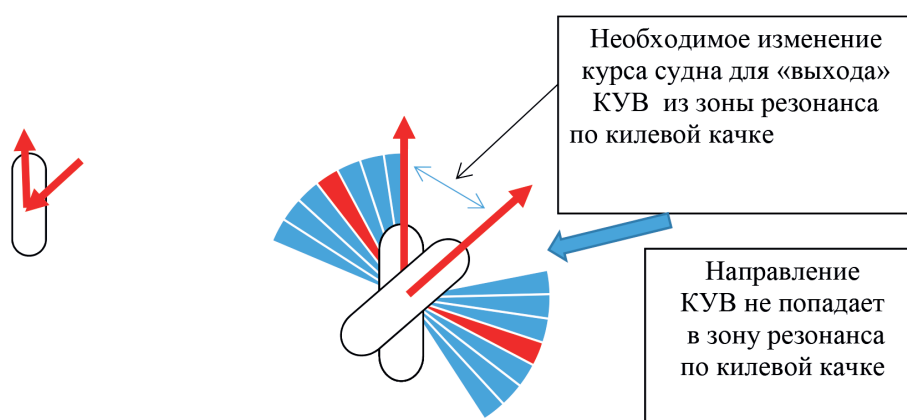


Рис. 5. Изменение курса с использованием круговой диаграммы резонансных зон по килевой качке судна

С использованием результатов, полученных с помощью круговой диаграммы, судоводитель выбирает необходимое изменение курса с учетом конкретной навигационной обстановки. Пример использования круговой диаграммы резонансных зон по килевой качке и РЛС приведен на рис. 6.



Рис. 6. Решение задачи изменения курса с использованием круговой диаграммы резонансных зон по килевой качке судна при помощи кальки с круговой диаграммой, наложенной на экран РЛС

Для решения задачи расхождения с опасностями учитываются данные заранее рассчитанной круговой диаграммы в виде прозрачной кальки, наложенной на центр экрана РЛС. КУВ определяется также визуально по характерным отметкам на экране РЛС. Этот способ был применен и внедрен на судне-газовозе «Al Takhira».

В случае, если навигационная обстановка и / или отсутствие опасного сближения с другими судами позволяют изменить курс для выхода судна из опасной зоны в соответствии с решением по круговой диаграмме, рассматривается вариант расхождения со штормом в соответствии с рекомендациями, приведенными в публикациях [10] – [12] и на рис. 5 и 6. С включением рассмотренного метода в состав аппаратуры ЭКНИС и других перспективных навигационных приборов данная задача может решаться в автоматическом режиме.

Метод прогноза и избегания резонанса по вертикальной качке при помощи круговых диаграмм. Применение данного метода может быть также разделено на следующие этапы. 1-й этап — с использованием предварительной прокладки (Passage Plan), с учетом предстоящего прогноза погоды, определяется опасность возникновения вертикальной качки судна в условиях штормовой погоды на предстоящем переходе судна. 2-й этап — с использованием прогноза погоды на переход судна определяется прогнозируемая высота волнения предстоящего шторма. 3-й этап — для данной высоты волны и предполагаемой скорости движения судна рассчитывается круговая диаграмма для данного судна и предстоящего шторма в соответствии с материалами [10] – [12]. 4-й этап — с учетом предстоящего курса судна и направления волнения определяется курсовой угол волны предстоящего шторма [10] – [12]. 5-й этап — с использованием рассчитанной круговой диаграммы определяется, попадает ли данный курсовой угол волнения в опасную зону на круговой диаграмме (рис. 7). В случае попадания курсового угла волнения в опасную зону с использованием круговой диаграммы определяется необходимое изменение курса судна для «выхода» курсового угла волнения из опасной зоны, как это показано на рис. 8.

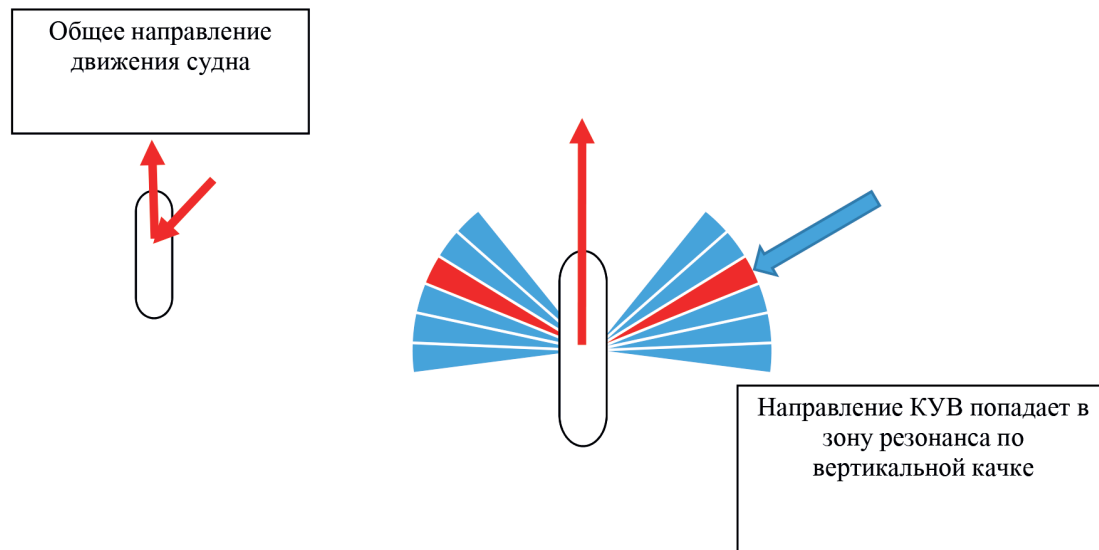


Рис. 7. Круговая диаграмма резонансных зон по вертикальной качке судна при данной скорости судна

С использованием результатов, полученных с помощью круговой диаграммы, судоводитель выбирает необходимое изменение курса с учетом конкретной навигационной обстановки.

Пример использования круговой диаграммы резонансных зон по вертикальной качке и РЛС приведен на рис. 9. Для решения задачи расхождения с опасностями учитываются данные рассчитанной круговой диаграммы в виде прозрачной кальки, наложенной на центр экрана РЛС. КУВ определяется визуально и по характерным отметкам на экране РЛС. Этот способ был применен и внедрен на судне-газовозе «Al Takhira».

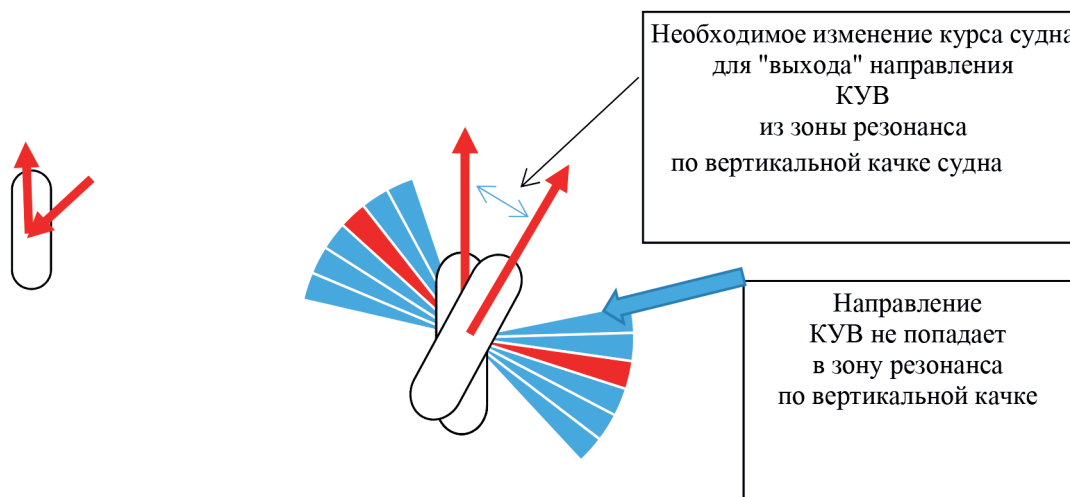


Рис. 8. Изменение курса с использованием круговой диаграммы резонансных зон по вертикальной качке судна

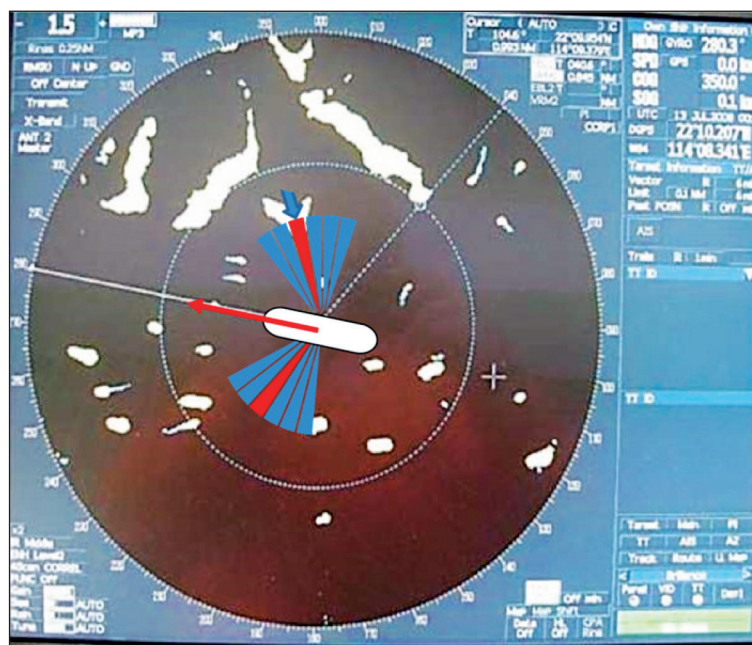


Рис. 9. Решение задачи изменения курса с использованием круговой диаграммы резонансных зон по вертикальной качке судна при помощи кальки с круговой диаграммой, наложенной на экран РЛС

В случае, если навигационная обстановка и / или отсутствие опасных для сближения встречных и попутных судов позволяют изменить курс для выхода судна из опасной зоны, в соответствии с решением по круговой диаграмме рассматривается вариант расхождения со штормом в соответствии с данными, приведенными на рис. 7 – 9. С включением данного метода в состав аппаратуры ЭКНИС, РЛС, САРП и других перспективных навигационных приборов данная задача может решаться в автоматическом режиме.

В соответствии с вышеуказанным подходом были получены и другие методы прогноза и предотвращения опасных условий штормового плавания на попутном волнении, а также методы обеспечения безопасности палубного груза при плавании в условиях шторма с использованием круговых диаграмм, рассчитываемых в соответствии с [10] – [12].

Результаты (Results)

Как показал анализ результатов практического внедрения методов прогноза и предотвращения опасных условий штормового плавания с использованием круговых диаграмм на судне-газовозе «Al Takhira», повышение экономической эффективности за счет практического внедрения результатов диссертации на современных судах может быть достигнуто за счет следующих факторов. В настоящее время до 70 % аварий, связанных с гибелью судов, происходит в штормовых условиях. По имеющимся оценкам, до 50 % аварий в шторм связаны с опасностями штормового плавания, на снижение и избежание которых направлена данная работа (попадание в резонанс по бортовой, килевой, вертикальной качке и др.). Как показывают результаты внедрения круговых диаграмм в работу танкера-газовоза «Al Thakhira», применение предложенных круговых диаграмм и других методов избежания опасностей штормового плавания позволяет снизить или избежать большое количество этих аварий (по оценке автора, на 80 %). Это даст возможность предотвратить гибель десятков, а, возможно, и сотен людей, сохранить десятки судов, которые ежегодно гибнут в шторм, а также сэкономить значительные средства для судоходных компаний и других организаций морской индустрии.

Другие количественные показатели эффективности использования круговых диаграмм на основе анализа результатов практического внедрения методов прогноза и избежания опасных условий штормового плавания с использованием круговых диаграмм на судне-газовозе «Al Thakhira» позволяют сделать следующие выводы.

1. С использованием круговых диаграмм появляется возможность увеличить количество задач, решаемых судоводителем для обеспечения безопасности судна в условиях штормового плавания, предоставляется возможность решения задач избежания резонанса по бортовой, килевой, вертикальной качке одновременно с решением задач расхождения с навигационными опасностями и / или встречными судами.
2. Снижается время принятия решения (до 2 мин) о выборе безопасного маневра по расхождению с навигационными опасностями, встречными судами с учетом опасностей штормового плавания.
3. Снижается возможность попадания судна в резонанс по бортовой, килевой и вертикальной качке. В течение времени использования и внедрения круговых диаграмм на газовозе «Al Takhira» не было ни одного случая попадания в условия резонанса по бортовой, килевой и вертикальной качке.
4. Снижается возможность потери палубного груза за счет методик, предложенных в настоящей статье. В течение времени использования для внедрения круговых диаграмм на газовозе «Al Takhira» не было ни одного случая потери палубного груза (элементов судового оборудования и судового снабжения, расположенных на палубе) в условиях резонанса по бортовой, килевой и вертикальной качке.

Выводы

1. С использованием круговых диаграмм появляется возможность увеличения количества задач, решаемых судоводителем для обеспечения безопасности судна в условиях штормового плавания, а также возможность решения задач, позволяющих избежать резонанса по бортовой, килевой и вертикальной качке одновременно с решением задач расхождения с навигационными опасностями и / или встречными судами, в том числе в узкостях.
2. При использовании круговых диаграмм снижается время принятия решения о выборе безопасного маневра по расхождению с навигационными опасностями, встречными судами с учетом опасностей штормового плавания.
3. С включением данного метода в состав аппаратуры ЭКНИС и других перспективных навигационных приборов данная задача может решаться в автоматическом режиме.
4. На основании материалов настоящей статьи может быть сделан также вывод о том, что использование круговых диаграмм по различным видам качки является перспективным направле-

нием развития современной навигационной аппаратуры и может уже в настоящее время использоваться на всех судах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ершов А. А.* От «Титаника» до «Costa Concordia» неиспользованные возможности для спасения: монография / А. А. Ершов. — Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. — 146 с.
2. *Ершов А. А.* Некоторые аварии и катастрофы отечественных и иностранных судов: монография / А. А. Ершов, В. И. Никольский. — СПб.: ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2013. — 196 с.
3. *Некрасов С. Н.* Вычисление гарантированного курса расхождения при опасности сближения вплотную / С. Н. Некрасов, Д. В. Трененков, К. И. Ефимов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 1 (29). — С. 1–15.
4. *Kato H.* Approximate methods of calculating the period of roll of ships / H. Kato // Journal of Zosen Kiokai. — 1956. — Vol. 1956. — No. 89. — Pp. 59–64. DOI: 10.2534/jjasnaoe1952.1956.89_59.
5. *Newman J. N.* The exciting forces on a moving body in waves / J. N. Newman // Journal of Ship Research. — 1965. — Vol. 9. — No. 3. — Pp. 190–199.
6. *Некрасов С. Н.* Макрокогнитивное моделирование процессов судовождения / С. Н. Некрасов, И. В. Капустин, М. С. Старов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 1 (20). — С. 82–85.
7. *Кондратьев С. И.* Полифакторный анализ процесса предупреждения столкновений судов / С. И. Кондратьев, А. Л. Боран-Кешишьян // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 2 (21). — С. 7–13.
8. *Некрасов С. Н.* Определение навигационных рисков при имитационном моделировании управления судном при проходе узкости / С. Н. Некрасов, К. И. Ефимов, Д. В. Трененков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 1 (23). — С. 34–36.
9. *Бурмака И. А.* Управление группой судов в ситуации опасного сближения / И. А. Бурмака, А. Ю. Булаков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 6 (28). — С. 1–13.
10. *Ершов А. А.* Совершенствование методов обеспечения безопасности штормового плавания судов / А. А. Ершов, А. В. Теренчук // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2015. — № 3. — С. 7–13.
11. *Ершов А. А.* Безопасность штормового плавания судна / А. А. Ершов, А. В. Теренчук // Научно-технический вестник Поволжья. — 2015. — № 3. — С. 129–131.
12. *Ершов А. А.* Способы автоматизации штормового плавания судна / А. А. Ершов, А. В. Теренчук // Научно-технический вестник Поволжья. — 2015. — № 4. — С. 62–64.

REFERENCES

1. Ershov, A. A. *Ot «Titanika» do «Costa Concordia» neispolzovannye vozmozhnosti dlja spa-senija: monografija*. Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.
2. Ershov, A. A., and V. I. Nikolskij. *Nekotorye avarii i katastrofy otechestvennyh i inostrannyh sudov: monografija*. SPb.: GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2013.
3. Nekrasov, S. N., D. V. Trenenkov, and K. I. Efimov. “Calculation of the guaranteed passing course at the danger of the close-quarters situation.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 1(29) (2015): 1–15.
4. Kato, Hiroshi. “Approximate methods of calculating the period of roll of ships.” *Journal of Zosen Kiokai* 1956.89 (1956): 59–64. DOI: 10.2534/jjasnaoe1952.1956.89_59.
5. Newman, J. N. “The exciting forces on a moving body in waves.” *Journal of Ship Research* 9.3 (1965): 190–199.
6. Nekrasov, S. N., I. V. Kapustin, and M. S. Starov. “Macro cognitive modeling of navigational processes.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 1(20) (2013): 82–85.

7. Kondrat'ev, S. I., and A. L. Boran-Keshish'yan. "Multifactorial analysis of ships collision prevention process." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 2(21) (2013): 7–13.
8. Nekrasov, S. N., K. I. Efimov, and D. V. Trenenkov. "Navigational risks calculation when modeling of sailing through the narrows." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 1(23) (2014): 34–36.
9. Burmaka, I. A., and A. Yu. Bulgakov. "Management of the group of vessel in the situation of dangerous approach." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 6(28) (2014): 1–13.
10. Ershov, Andrey Aleksandrovich, and Alexander Vladimirovich Terenchuk. "Improvement of the methods of ensuring safety of storm navigation of the ships." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 3 (2015): 7–13.
11. Ershov, A. A., and A. V. Terenchuk. "Safety of storm navigation of the vessels." *Scientific and Technical Volga region Bulletin* 3 (2015): 129–131.
12. Ershov, A. A., and A. V. Terenchuk. "Ways to automate storm navigation of the vessel." *Scientific and Technical Volga region Bulletin* 4 (2015): 62–64.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Теренчук Александр Владимирович — аспирант
Научный руководитель:
Ершов Андрей Александрович —
доктор технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: ershov_63@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Terenchuk, Alexander V. — Postgraduate
Supervisor:
Ershov, Andrey A. —
Dr. of Technical Sciences, associate professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035,
Russian Federation
e-mail: ershov_63@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15 мая 2017 г.
Received: May 15, 2017.