

DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-4-465-479

SUPPLEMENTING RADAR INFORMATION TO SOLVE SHIP SAFETY PROBLEMS

A. A. Ershov, A. V. Mikhnevich, A. I. Kritsky

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

The issue of increasing the navigation intensity when navigating in narrow areas, in limited water areas, as well as in the areas of ship traffic control systems operation, including in storm conditions, requires masters and the operator of the ship traffic control system to make decisions quickly and correctly to assess the collision situation and choose the option of maneuvering ships to prevent accidents. The solution of these tasks can be achieved by supplementing the information of radar stations, as well as the means of automatic radar laying with information on the maneuvering of ships, as well as information on the dangers of storm navigation when the ship course and speed change. An addition to the information of radar stations and automatic radar laying facilities is proposed. The addition makes it possible to effectively solve the tasks of assessing the risk of collision and safe maneuvering of ships without additional time spent on “playing” the maneuver in various navigation conditions, including a storm. It is noted that in accordance with the provisions of this article the parameters of the vessel movement zones can be set for 1 min of maneuvering with a rudder shift angle of 15 degrees. Such a maneuver may occur as a result of a breakdown of the steering device or erroneous maneuvering and should be taken into account when assessing the possibility of safe movement of the vessel. These data in the form of additional information from the means of automatic radar laying and radar stations allow you to quickly and accurately monitor the safety of ship traffic and assess the risk of collision. Attention is drawn to the fact that sailing in stormy conditions is accompanied by such a dangerous phenomenon as resonance for various types of pitching, which can lead to dangerous phenomena, such as loss of stability and capsizing of the vessel. Additional information for the means of automatic radar laying and radar stations according to the resonance conditions can help the skipper to avoid these dangerous phenomena by changing the course of the vessel. This information can be used both on existing means of automatic radar laying and radar stations, and on promising navigation devices, including for the vessels operated without human intervention. The methods proposed in this paper, based on the use of additional information about the maneuverability characteristics and movement of the vessel to solve the problems of ensuring the safety of movement in narrow spaces and the problems of vessels divergence in various navigation conditions, including a storm, can be used on existing navigation devices and at the creation of new navigation equipment installed on ships with and without a crew on board.

Keywords: accounting for ship maneuvering, development of navigation technology, ensuring the safety of ships in narrows and when sailing in a storm.

For citation:

Ershov, Andrey A., Andrey V. Mikhnevich, and Andrey I. Kritsky. “Supplementing radar information to solve ship safety problems.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 13.4 (2021): 465–479. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-4-465-479.

УДК 655.62.052.4

ДОПОЛНЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВ

А. А. Ершов, А. В. Михневич, А. И. Крицкий

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

Рассмотрен вопрос увеличения интенсивности судоходства при плавании в узкостях, на ограниченных акваториях, а также в зонах действия систем управления движением судов, в том числе в условиях шторма, требующий от судоводителей и оператора системы управления движением судов скорости и безошибочности принятия решений в оценке ситуации столкновения и выборе варианта маневрирования судов

для предотвращения аварийных ситуаций. Решение данных задач может быть достигнуто дополнением информации, полученной от радиолокационных станций, средств автоматической радиолокационной прокладки информацией по маневрированию судов, а также информации по опасностям штормового плавания при изменении курса и скорости судна. Предлагается дополнение к информации радиолокационных станций и средств автоматической радиолокационной прокладки, позволяющее эффективно решать задачи оценки опасности столкновения и безопасного маневрирования судов без дополнительных затрат времени на «проигрывание маневра», в различных условиях плавания, включая шторм. Отмечается, что в соответствии с положениями настоящей статьи могут быть установлены параметры зон движения судна за 1 мин осуществления маневра с углом перекладки руля 15 град. Такой маневр может возникнуть в результате поломки рулевого устройства или ошибочного маневрирования и должен учитываться при оценке возможности безопасного движения судна. Эти данные в виде дополнительной информации средств автоматической радиолокационной прокладки и радиолокационных станций позволяют быстро и безошибочно осуществлять контроль безопасности движения судов и оценивать опасность столкновения. Обращается внимание на то, что плавание в штормовых условиях сопровождается таким опасным явлением, как резонанс по различным видам качки, который может приводить к опасным явлениям, таким как потеря остойчивости и опрокидывание судна. Дополнительная информация для средств автоматической радиолокационной прокладки и радиолокационных станций в зависимости от условий резонанса может помочь судоводителю избежать этих опасных явлений путем изменения курса судна. Данная информация может использоваться как на существующих средствах автоматической радиолокационной прокладки и радиолокационных станциях, так и на перспективных навигационных приборах, в том числе для судов, управляемых без участия человека. Предлагаемые в настоящей статье способы, основанные на использовании дополнительной информации о маневренных характеристиках и движении судна для решения задач обеспечения безопасности движения в узкостях и задач расхождения судов в различных условиях плавания, включая шторм, могут найти применение в существующих навигационных приборах и использоваться при создании новой навигационной техники, которая может быть реализована как на судах с экипажем, так и без экипажа на борту.

Ключевые слова: учет маневрирования судна, развитие навигационной техники, обеспечение безопасности судов в узкостях и при плавании в шторм.

Для цитирования:

Ершов А. А. Дополнение радиолокационной информации при решении задач безопасности судов / А. А. Ершов, А. В. Михневич, А. И. Крицкий // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 4. — С. 465–479. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-4-465-479.

Введение (Introduction)

Увеличение интенсивности судоходства при плавании в узкостях, на ограниченных акваториях, а также в зонах действия систем управления движением судов (СУДС), в том числе в условиях шторма, требуют от судоводителей и оператора СУДС скорости и безошибочности принятия решений по оценке ситуации столкновения и выбора варианта маневрирования судов для предотвращения аварии. Решение данных задач может быть достигнуто дополнением информации радиолокационных станций (РЛС), а также средств автоматической радиолокационной прокладки (САРП) информацией по маневрированию судов, а также опасностям штормового плавания при изменении курса и скорости судна

Научно-обоснованным подходам к решению данных задач в узкостях посвящены работы [1]–[5], однако отсутствие учета возможного маневрирования своего судна и судна-цели при оценке опасности столкновения и решении задач расхождения судов делают данные работы неприменимыми для реализации ранее указанных задач. Частично недостатки работ [1]–[5] устранены в работах [6], [7], в которых предлагается использование специально рассчитываемых зон маневрирования судов для решения ряда задач обеспечения безопасности движения судов в узкостях. В работах [8]–[12] рассматривались маневры во избежание опасных ситуаций в различных условиях плавания. В работах [13]–[16] предлагается использование искусственного интеллекта и нейронных сетей для решения задач мореплавания. В работе [17] предлагается способ учета параметров маневрирования судна при решении задач обеспечения безопасности судов в узкостях, который может быть использован САРП, РЛС также другими средствами электрон-

ной навигации. В работах [18], [19] предлагаются способы во избежание опасностей штормового плавания при помощи специальных диаграмм опасностей, которые также могут использоваться в составе современных и перспективных САРП и РЛС.

В настоящей статье предлагается дополнение к информации РЛС, САРП, позволяющее эффективно решать задачи оценки опасности столкновения и безопасного маневрирования судов без дополнительных затрат времени на «проигрывание маневра» в различных условиях плавания, включая штормовые.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Для обеспечения собственного движения с заданными курсом и скоростью, а также при выполнении маневров судно занимает определенную часть акватории, на которой выполняет движение или маневрирование. Размер этой части акватории, отсутствие внутри нее опасностей в виде мелей, других судов или морских сооружений предоставляют возможность судну осуществить безопасное движение или расхождение с другими судами. В работе [17] учет возможности безопасного движения и маневрирования предлагается производить с использованием зон движения судна (ЗДС) и/или зон экстремального и безопасного маневрирования (ЗЭМ и ЗБМ).

В соответствии с положениями работы [17] ЗЭМ может быть представлена в упрощенной форме для решения задач на существующих САРП и РЛС. Наиболее удобно представлять ее в виде простых геометрических фигур, ограничивающих ЗЭМ на существующих САРП, РЛС и/или электронных картах, включающих функции РЛС и САРП (рис. 1) из «Таблицы маневренных характеристик судна».

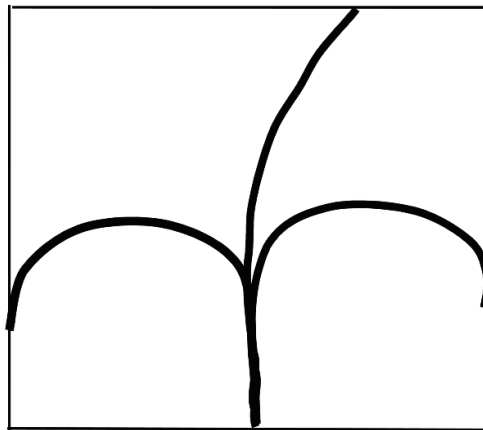


Рис. 1. Упрощенное представление полной зоны экстремального маневрирования для использования в РЛС и САРП

В соответствии с положениями работы [17] могут быть установлены параметры ЗДС за 1 мин выполнения маневра с углом перекладки руля 15 град. Такой маневр может возникнуть в результате поломки рулевого устройства или ошибочного маневрирования и должен учитываться при оценке возможности безопасного движения судна. Согласно результатам систематических расчетов в соответствии с [17], параметры ЗДС для абсолютного большинства судов имеют значения, приведенные на рис. 2. Это позволяет использовать их для САРП и РЛС в виде дополнительной информации к векторам движения судна.

Дополнительная информация о ЗДС и ЗЭМ на существующих САРП и РЛС и современных электронных картах позволит использовать их параметры для оценки опасности столкновения, как это показано на рис. 1 и 3. Использование теоретических положений [17] предоставляет возможность учета в ЗЭМ факторов, влияющих на движение судна, а именно: мелководья, ветра, волнения, течения, гидродинамического взаимодействия и т. п.

$S(1)$

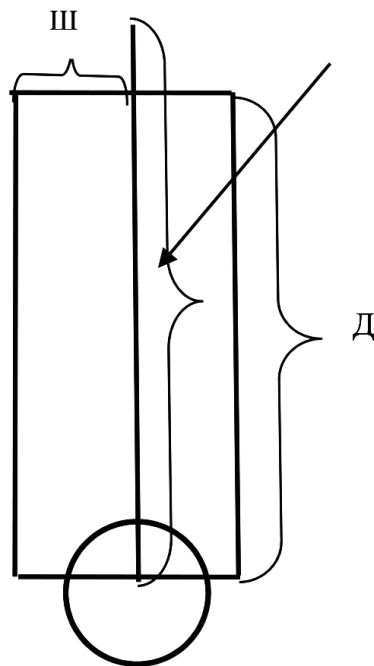


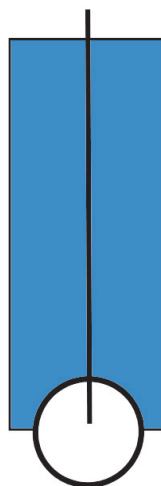
Рис. 2. Параметры ЗДС при маневре с углом перекладки 15 град. левого или правого борта за 1 мин выполнения маневра:

$S(1)$ — расстояние, проходимое судном за 1 мин без маневра;

Ш — ширина ЗДС при маневре 15 град. левого борта за 1 мин выполнения маневра ($Ш = (0,1-0,3) S(1)$);

Д — длина ЗДС при маневре 15 град правого борта за 1 мин выполнения маневра ($Д = (0,7-0,9) S(1)$)

а)



б)

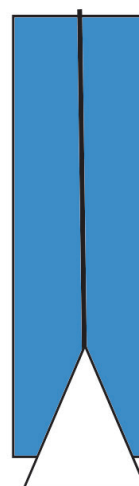


Рис. 3. Упрощенное представление зон движения судна при маневре 15 град. левого (а) или правого (б) борта за 1 мин его выполнения

Пример учета влияния мелководья на ЗЭМ. В соответствии с положениями [17] наличие мелководья приводит к увеличению диаметра циркуляции и к изменениям ЗЭМ из «Таблицы маневренных характеристик судна» согласно следующему принципу: *ЗЭМ визуально будет «расширяться» в зависимости от параметров мелководья* (рис. 4).

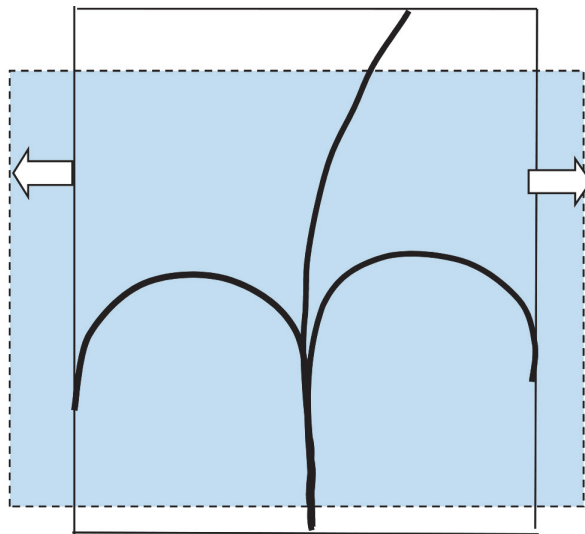


Рис. 4. Учет влияния мелководья в полной зоне экстремального маневрирования и ее расширение в зависимости от уровня мелководья

Пример учета ветра, влияния волнения и течения на ЗЭМ (рис. 5). В соответствии с положениями [17], наличие ветра, волнения и течения приводит к смещению циркуляции и параметров реверса в сторону под действием волнения и течения. Влияние ветра, волнения и течения ведет к изменениям ЗЭМ согласно следующему принципу: ЗЭМ визуально будет «смещаться» в зависимости от направления и скорости ветра, направления волнения и течения.

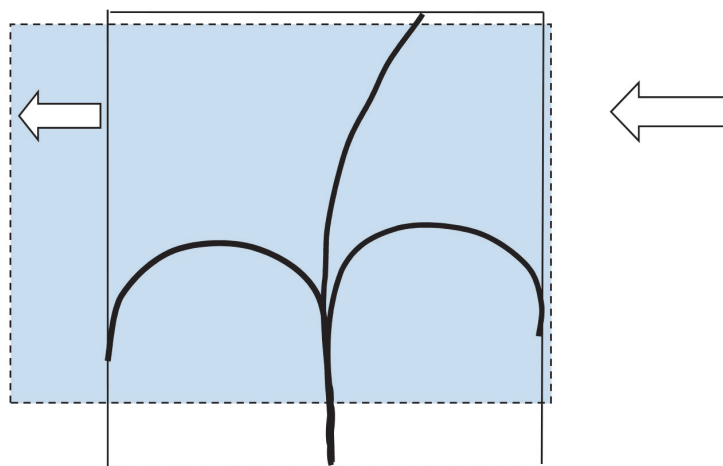


Рис. 5. Учет влияния ветра, волнения и течения в полной зоне экстремального маневрирования (смещение в сторону под действием ветра, волнения и течения)

Пример учета влияния гидродинамического взаимодействия на ЗЭМ из «Таблицы маневренных характеристик судна». В соответствии с положениями [17] наличие гидродинамического взаимодействия приводит к смещению параметров циркуляции и реверса в сторону судна или другого объекта, находящегося в зоне гидродинамического взаимодействия. Влияние гидродинамического взаимодействия ведет к изменениям ЗЭМ согласно следующему принципу: ЗЭМ визуально будет «смещаться» в сторону другого судна или объекта, находящегося в зоне гидродинамического взаимодействия. Наличие близости или пересечения ЗЭМ может приводить к возникновению гидродинамического взаимодействия и возможному навалу на судно и/или другие объекты (рис. 6).

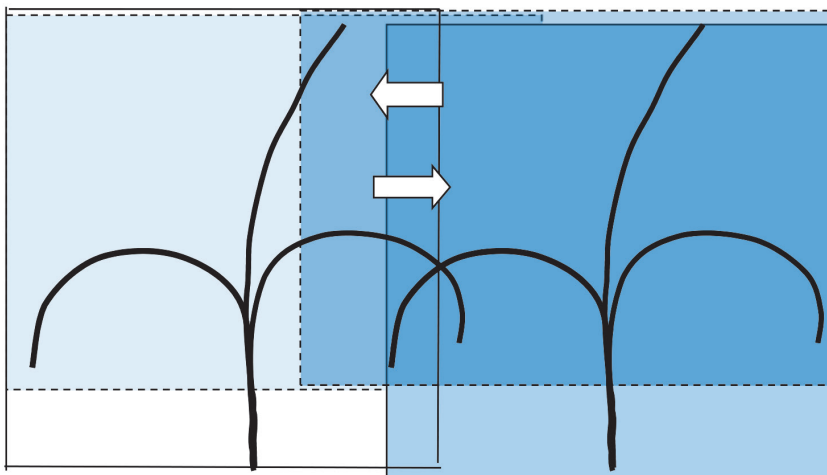


Рис. 6. Учет влияния гидродинамического взаимодействия в ЗЭМ, ее смещение в сторону, возможный навал на суда и/или другие объекты, находящиеся в зоне гидродинамического взаимодействия

Использование теоретических положений [17] предоставляет возможность учета в ЗДС за 1 мин осуществления маневра факторов, влияющих на движение судна: мелководья, ветра, волнения, течения и гидродинамического взаимодействия.

Пример учета влияния мелководья на ЗДС (рис. 7). В соответствии с положениями [17] наличие мелководья приводит к увеличению диаметра циркуляции и к изменениям ЗДС согласно следующему принципу: ЗДС визуально будет «расширяться» в зависимости от параметров мелководья.

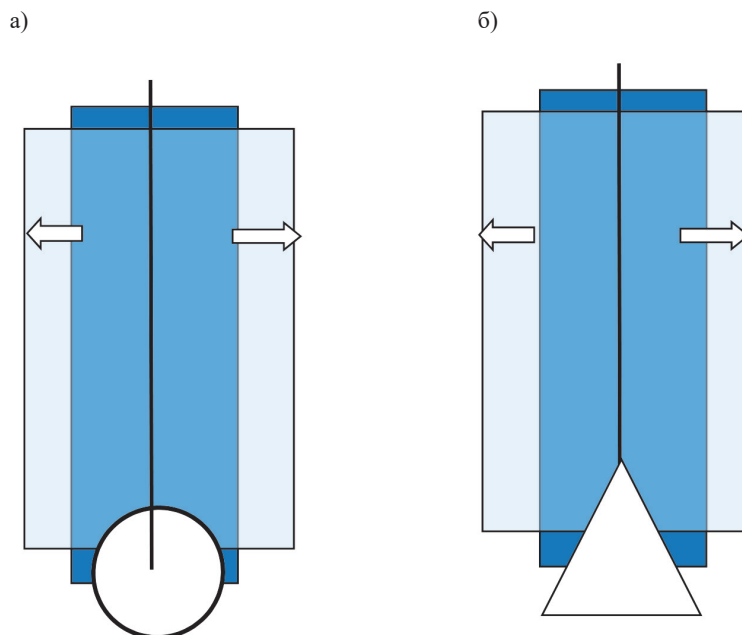


Рис. 7. Учет влияния мелководья на параметры ЗДС (а) и ее «расширение» в зависимости от уровня мелководья (б)

Пример учета ветра, влияния волнения и течения на ЗДС (рис. 8). В соответствии с положениями [17] наличие ветра, волнения и течения приводит к смещению элементов циркуляции в сторону под действием волнения и течения. Влияние ветра, волнения и течения ведет к изменениям ЗДС согласно следующему принципу: упрощенное представление ЗДС визуально будет «смещаться» в зависимости от направления и скорости ветра, направления волнения и течения.

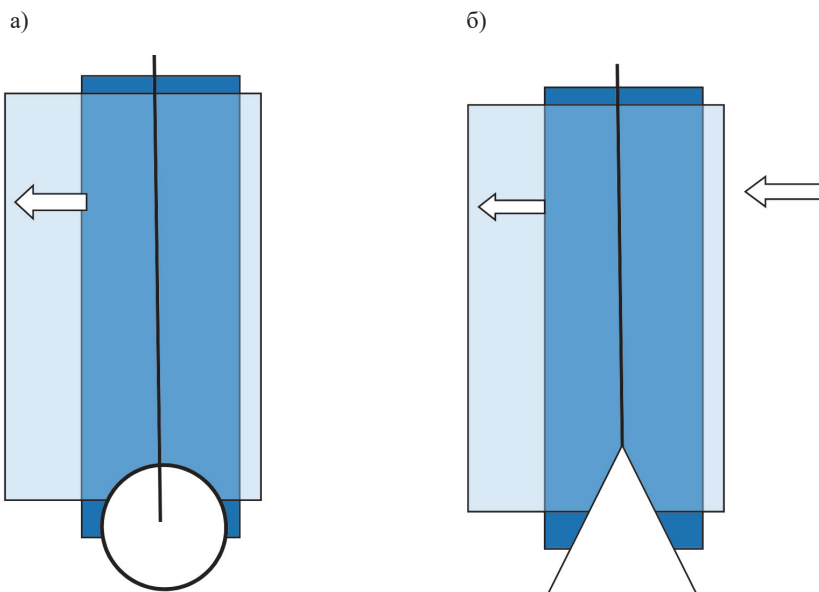


Рис. 8. Учет влияния ветра, волнения и течения в параметрах зоны движения судна (а) и ее смещение в сторону под действием ветра, волнения и течения (б)

Пример учета влияния гидродинамического взаимодействия на ЗДС (рис. 9). В соответствии с положениями [17] наличие гидродинамического взаимодействия приводит к смещению параметров циркуляции в сторону судна или другого объекта, находящегося в зоне гидродинамического взаимодействия. Влияние гидродинамического взаимодействия ведет к изменениям ЗДС согласно следующему принципу: *ЗДС визуально будет «смещаться» в сторону другого судна или объекта, находящегося в зоне гидродинамического взаимодействия.* Наличие близости или пересечения ЗДС может приводить к возникновению гидродинамического взаимодействия и возможному навалу на суда и/или другие объекты.

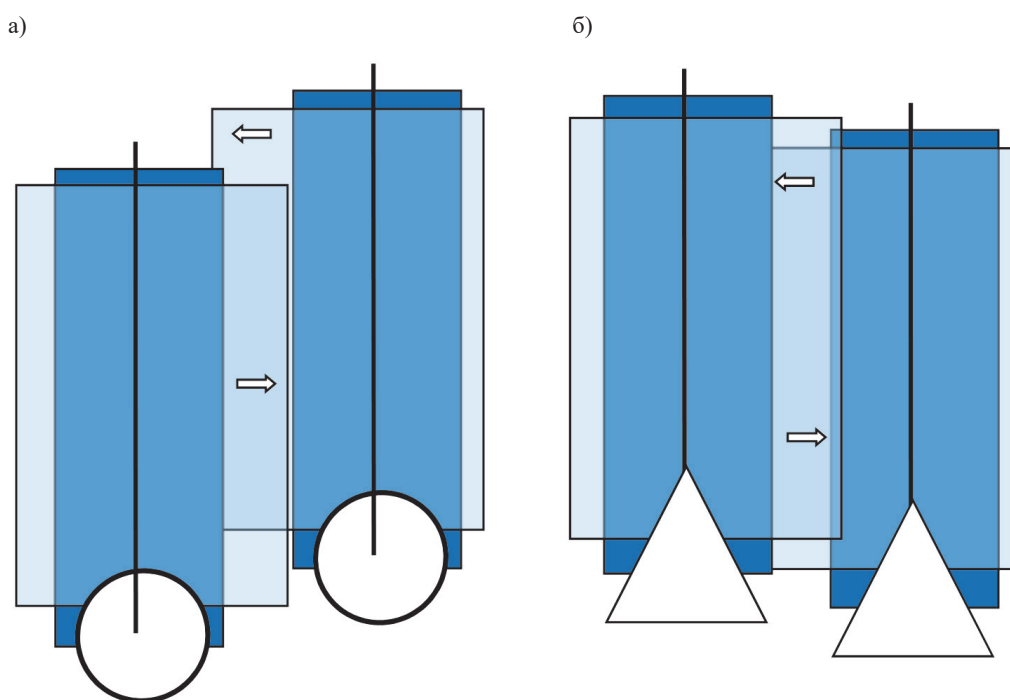


Рис. 9. Учет влияния гидродинамического взаимодействия в ЗДС (а), ее смещение в сторону и возможный навал на суда и/или другие объекты, находящиеся в зоне гидродинамического взаимодействия (б)

Возможность использования ЗДС других судов при решении задач оценки опасности столкновения в современных САПП и РЛС. В примере, приведенном на рис. 10, наше судно является обгоняющим по отношению к двум другим судам, так как его вектор скорости больше вектора скоростей других судов. При обгоне особое внимание следует уделить контролю за судном, находящимся слева от нашего судна, так как любые ошибки маневрирования могут привести к сближению с ЗДС других судов и возможному столкновению или навалу.

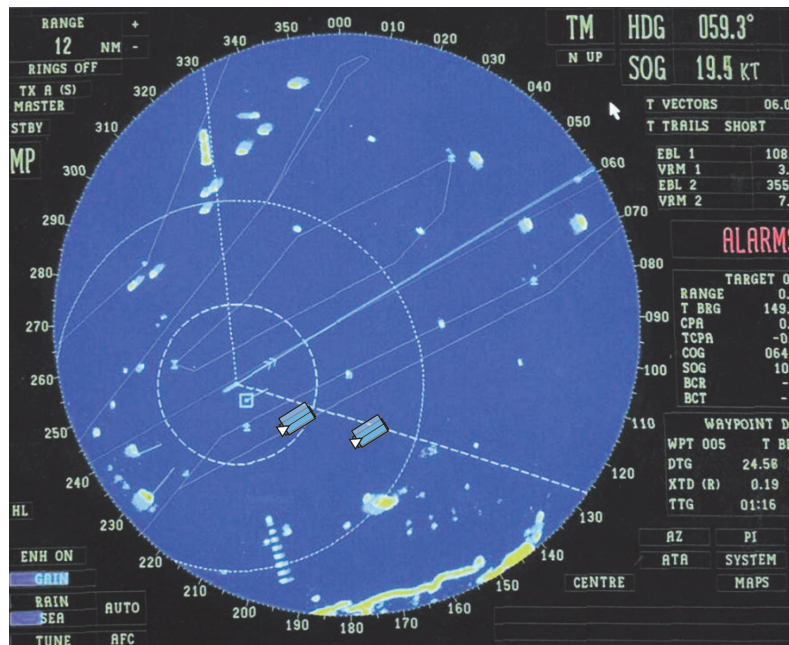


Рис. 10. Возможность использования зон движения других судов при решении задач оценки опасности столкновения на современных САПП и РЛС

Возможность использования ЗБМ своего других судов при решении задач оценки опасности столкновения в современных САПП и РЛС. В примере, приведенном на рис. 11, наше судно является обгоняющим по отношению к другому судну. На данный момент ситуация опасности столкновения отсутствует, так как при любых вариантах маневрирования ЗБМ судов не пересекаются.

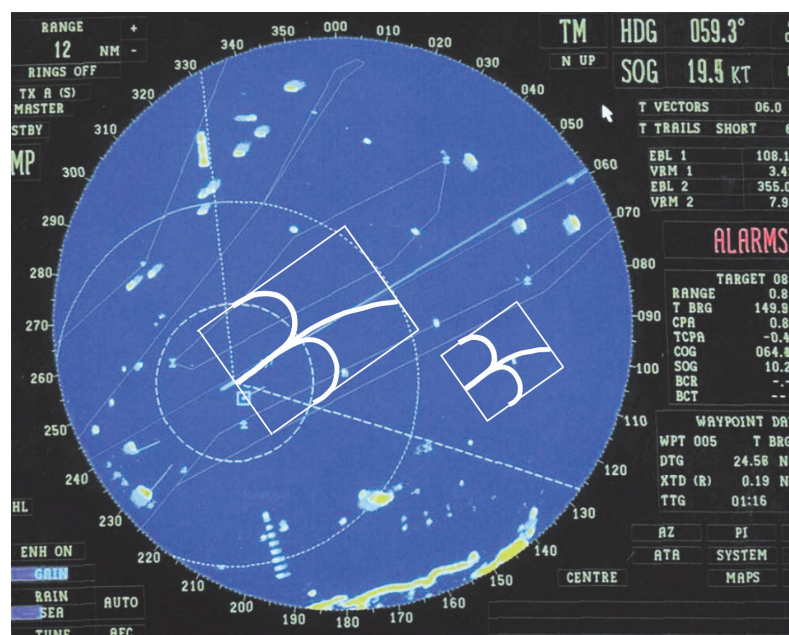


Рис. 11. Возможность использования зон безопасного маневрирования своего и других судов при решении задач оценки опасности столкновения на современных САПП и РЛС

В том случае, если САРП и РЛС входят в состав системы управления движением судов (СУДС), то использование ЗБМ позволяет визуально оценивать безопасные интервалы и дистанции между судами, движущимися в потоках в зоне действия СУДС, как это показано на рис. 12. В качестве примера на рис. 12, а суда во встречных потоках находятся на безопасной дистанции друг от друга, на рис. 12, б суда, следующие в одном потоке, находятся на безопасном расстоянии друг от друга. При использовании ЗБМ задача определения опасности столкновения, а также безопасного расхождения решается быстро, наглядно и без ошибок. Аналогичные задачи могут решаться также с использованием ЗДС.

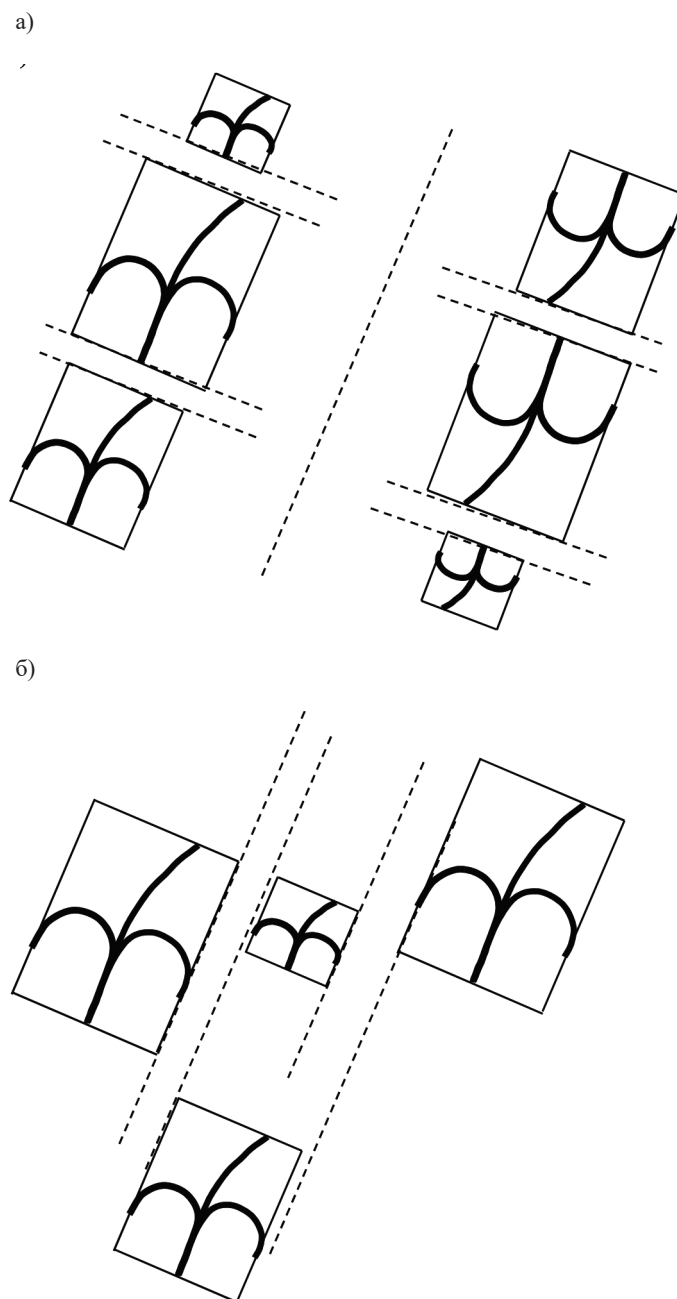


Рис. 12. Возможность использования зон экстремального маневрирования для быстрого решения задач оценки опасности столкновения (а) и определения безопасного интервала между судами при движении в потоке (б)

Использование дополнительной информации для САРП и РЛС при плавании в условиях шторма может быть представлено следующим образом. Плавание в штормовых условиях сопровождается

таким опасным явлением, как резонанс по различным видам качки, который может приводить к таким опасным явлениям, как потеря остойчивости и опрокидывание судна. Дополнительная информация по условиям резонанса может оказать помощь судоводителю во избежание этих опасных явлений путем изменения курса судна. В качестве примера, во избежание резонанса по вертикальной качке и последующей возможной потере остойчивости судна, может быть использована дополнительная информация (диаграмма опасностей) для РЛС и САРП, представленная на рис. 13, которая может применяться как на существующих, так и на перспективных навигационных приборах.

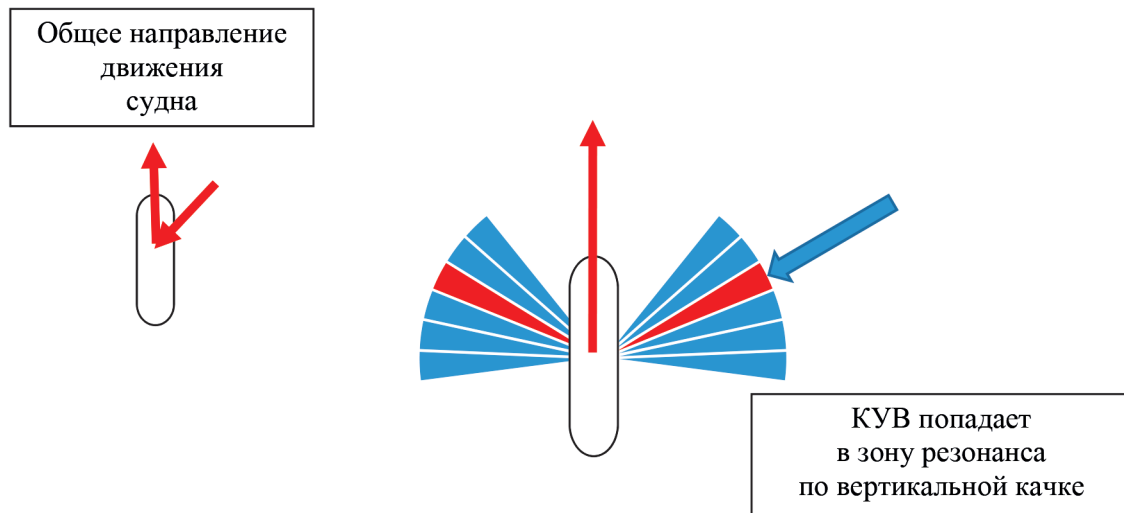


Рис. 13. Диаграмма опасностей резонансных зон по вертикальной качке судна при данной высоте волны
Условные обозначения:
красные стрелки — общее направление движения судна;
синяя стрелка — направление волнения

Расчет и применение дополнительной информации для САРП и РЛС в штормовых условиях может включать следующие этапы:

1-й этап — с использованием предварительной прокладки 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 диаграмма опасностей для данного судна и предстоящего шторма в соответствии с материалами [18]–[19] или с использованием диаграммы Ю. В. Ремеза;

4-й этап — с учетом предстоящего курса судна и направления волнения определяется курсовой угол волны (КУВ) предстоящего шторма;

5-й этап — с использованием рассчитанной диаграммы опасностей определяется попадание данного КУВ в опасную зону по вертикальной качке (см. рис. 13);

6-й этап — в случае попадания курсового угла волнения в опасную зону с использованием диаграммы опасностей определяется необходимое изменение курса судна для выхода курсового угла волнения из опасной зоны (рис. 14).

С использованием результатов, полученных с помощью диаграммы опасностей на экране РЛС или САРП, судоводитель может выбрать необходимое изменение курса с учетом конкретной навигационной обстановки. Пример использования диаграммы опасностей резонансных зон по вертикальной качке на РЛС приведен на рис. 15.

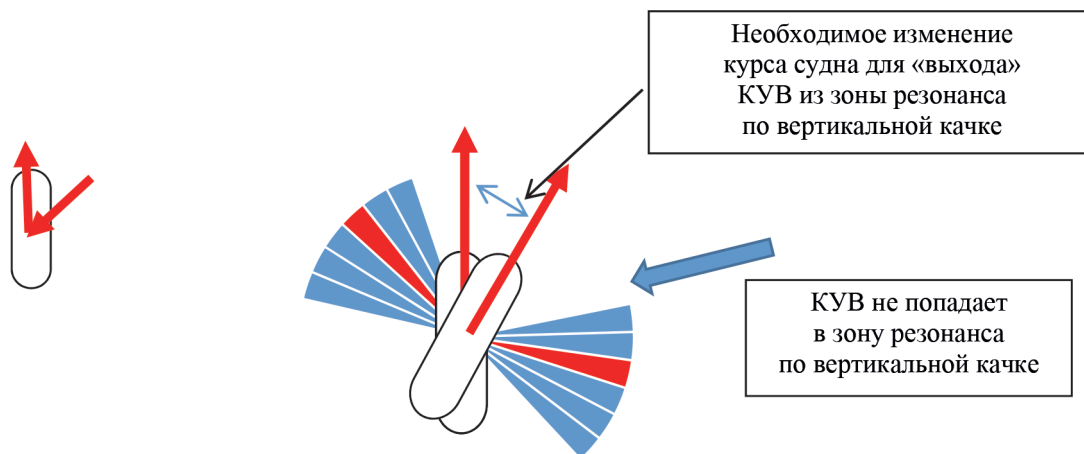


Рис. 14. Изменение курса с использованием диаграммы опасностей для выхода из резонансных зон по вертикальной качке судна

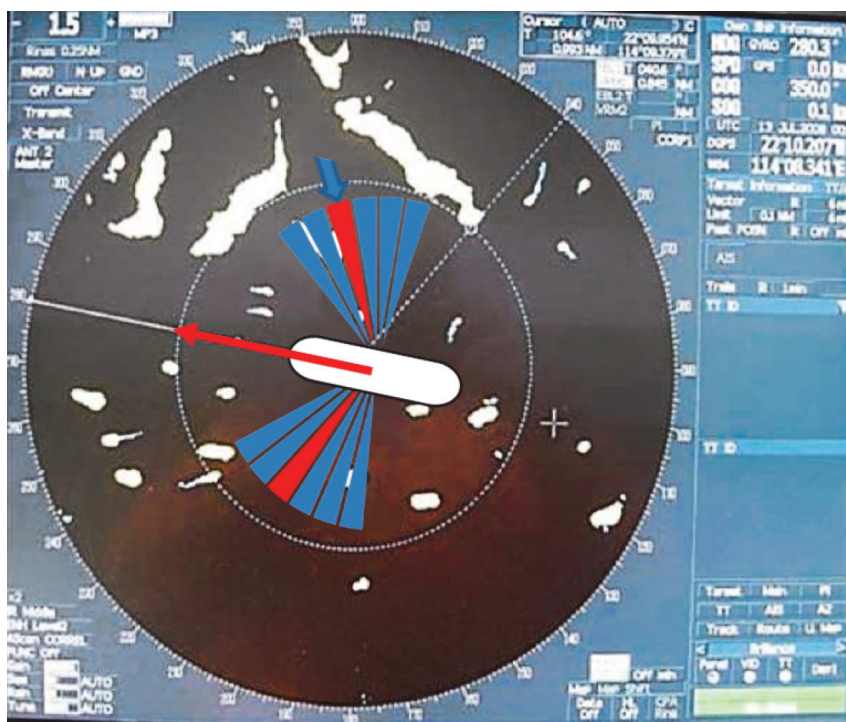


Рис. 15. Решение задачи изменения курса с использованием диаграммы опасностей резонансных зон по вертикальной качке судна на экране РЛС

Для решения задачи расхождения с опасностями в настоящее время могут учитываться данные рассчитанной диаграммы опасностей в виде прозрачной кальки, наложенной на центр экрана РЛС. Курсовой угол волнения может определяться визуально или по характерным отметкам на экране РЛС либо САРП. С включением данного метода в состав перспективной аппаратуры РЛС, САРП, ЭКНИС, а также других перспективных навигационных приборов данная задача может решаться в автоматическом режиме.

Результаты (Results)

В статье разработаны новые варианты использования дополнения к информации САРП и РЛС, связанные с использованием информации об их маневренных характеристиках, а именно:

- предложено использование упрощенных представлений ЗДС в существующих и перспективных САРП и РЛС;
- определена возможность упрощенного представления ЗЭМ на современных САРП и РЛС;
- показана возможность учета в зонах экстремального маневрирования ЗЭМ факторов, влияющих на движение судна: мелководья, ветра, волнения, течения, гидродинамического взаимодействия;
- показана возможность учета в зонах движения судна (ЗДС) за 1 мин осуществления маневра факторов, влияющих на движение судна: мелководья, ветра, волнения, течения, гидродинамического взаимодействия;
- показана возможность использования упрощенного представления ЗЭМ и ЗДС для решения задач на современных САРП и РЛС;
- показана возможность использования информации о ЗЭМ и ЗДС для решения задач оценки ситуации и быстрого и надежного принятия решений в зоне действия СУДС;
- показана возможность использования дополнительной информации для САРП и РЛС при плавании в условиях шторма во избежание различных опасностей штормового плавания.

В настоящее время существует возможность передачи параметров ЗЭМ на другие суда и операторам СУДС в составе информации АИС. Предлагаемый способ использования маневренных характеристик судна для оценки безопасности движения судов в узкостях и при штормовом плавании может быть использован в том числе для перспективных «беспилотных» судов, управляемых без участия человека на борту.

Обсуждение (Discussion)

Несмотря на развитие современных технологий и проникновение их практически во все сферы деятельности современного морского судна, оперативный контроль и принятие решений по предупреждению столкновений судов в узкостях в различных условиях плавания, включая плавание в шторм, с использованием РЛС и САРП, остаются в числе актуальных задач. Предлагаемые способы использования маневренных характеристик судна для оценки безопасности движения судов в узкостях и при штормовом плавании могут быть использованы как для существующих, так и для перспективных судов, в том числе «беспилотных», управляемых без участия человека на борту.

Заключение (Conclusion)

Предлагаемые в настоящей статье способы, основанные на использовании дополнительной информации о маневренных характеристиках и движении судна при решении задач обеспечения безопасности движения в узкостях, а также задач расхождения судов с применением РЛС и САРП в различных условиях плавания, включая шторм, могут быть реализованы в существующих навигационных приборах и применяться при создании новой навигационной техники, которая может быть использована на судах с экипажем и без экипажа на борту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев С. И. Полифакторный анализ процесса предупреждения столкновения 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.
2. 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.
3. Бурмака И. А. Управление группой судов в ситуации опасного сближения / И. А. Бурмака, А. Ю. Булгаков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 6 (28). — С. 1–13.

4. 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. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-1-1-15.

5. Некрасов С. Н. Навигационные риски буксировки судна в стесненных навигационных условиях / С. Н. Некрасов, К. И. Ефимов, Д. В. Трененков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 6 (28). — С. 13–19.

6. Ершов А. А. Использование зон безопасного расхождения для движения судов на подходах к портам и внутренних водных путях / А. А. Ершов // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014. — С. 6–13.

7. Паринов П. П. Новые способы обеспечения безопасного движения судов в Большом порту Санкт-Петербург и на подходах к порту: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.19; защищена 21.12.2010; утв. 12.06.2011 / Петр Петрович Паринов. — СПб., 2010. — 120 с.

8. Ершов А. А. Разработка системы интеллектуальной поддержки судоводителя для снижения опасности столкновений судов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.19; защищена 19.11.2012; утв. 20.05.2013 / Андрей Александрович Ершов. — СПб., 2012. — 366 с.

9. Hasegawa K. On harbor maneuvering and neural control system for berthing with tug operation / K. Hasegawa, T. Fukutomi // Proc. 3rd International Conference on Manoeuvring and Control of Marine Craft. — 1994. — Pp. 197–210.

10. Kijima K. A. Ship Manoeuvring Motion in the Proximity of Piers / K. Kijima, Y. Furukawa // Proceedings of the International Committee on Manoeuvring and Control of Marine Craft. — Southampton, UK, 1994. — Pp. 211–222.

11. Zubova A. A. Methodology for the Ship to Ship Hydrodynamic interaction Investigation Applying the CFD Methods / A. A. Zubova, D. V. Nikushchenko // Proceedings of the 11th International Conference on Hydrodynamics (ICHHD 2014). — Singapore, 2014. — Pp. 328–340.

12. Zubova A. A. Hydrodynamic interaction phenomena investigations during the ship overtaking maneuver for marine related simulators with the use of CFD methods / A. A. Zubova, D. V. Nikushchenko // Proceedings of International Conference on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability 2015 (MARSIM 2015). — Curran Associates, Inc., 2016. — Pp. 672–684.

13. Guliyev N. J. On the approximation by single hidden layer feedforward neural networks with fixed weights / N. J. Guliyev, V. E. Ismailov // Neural Networks. — 2018. — Vol. 98. — Pp. 296–304. DOI: 10.1016/j.neunet.2017.12.007.

14. Haykin S. S. Neural Networks and Learning Machines / S. S. Haykin. — Third Edition. — Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2009. — 906 p.

15. Дерябин В. В. Нейро-нечеткая модель счисления пути судна / В. В. Дерябин, А. Е. Сазонов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 4 (32). — С. 1–16.

16. Дерябин В. В. Нейронная сеть как алгоритм прогноза скорости дрейфа судна // Вестник компьютерных и информационных технологий / В. В. Дерябин. — 2015. — № 6 (132). — С. 11–17. DOI: 10.14489/vkit.2015.06.pp.011-017.

17. Ершов А. А. Использование характеристик маневрирования для обеспечения безопасности движения судов в узкостях / А. А. Ершов, А. В. Михневич // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 5. — С. 897–910. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-897-910.

18. Ершов А. А. Учет опасностей штормового плавания при маневрировании судна / А. А. Ершов, А. И. Крицкий, С. Ю. Развозов // Приоритетные направления научных исследований. Анализ, управление, перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции. — Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2021. — С. 60–61.

19. Ершов А. А. Использование диаграмм опасностей при штормовом плавании / А. А. Ершов, А. И. Крицкий, С. Ю. Развозов // Приоритетные направления научных исследований. Анализ, управление, перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции. — Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2021. — С. 61–62.

REFERENCES

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-1-1-15.
5. Nekrasov, S. N., K. I. Efimov, and D. V. Trenenkov. "Navigation risks towing in cramped navigational conditions." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 6(28) (2014): 13–19.
6. Ershov, A. A. "Usage zones of safe passage in approaches to ports and inland waterways." *Sbornik nauchnykh trudov professorsko-prepodavatel'skogo sostava Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*. SPb.: Izd-vo GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2014. 6–13.
7. Parinov, P. P. *Novye sposoby obespecheniya bezopasnogo dvizheniya sudov v Bol'shom portu Sankt-Peterburg i na podkhodakh k portu*. PhD diss. SPb., 2010.
8. Ershov, A. A. *Razrabotka sistemy intellektualnoj podderzhki sudovoditelja dlja snizheniya opasnosti stolknovenij sudov*. Dr. diss. SPb., 2012.
9. Hasegawa, Kazuhiko, and T. Fukutomi. "On harbor maneuvering and neural control system for berthing with tug operation." *Proc. 3rd International Conference on Manoeuvring and Control of Marine Craft*. 1994: 197–210.
10. Kijima, K., and Y. Furukawa. "Ship Manoeuvring Motion in the Proximity of Piers." *Proceedings of the International Committee on Manoeuvring and Control of Marine Craft*. Southampton, UK, 1994: 211–222.
11. Zubova, A. A., and D. V. Nikushchenko. "Methodology for the Ship to Ship Hydrodynamic interaction Investigation Applying the CFD Methods." *Proceedings of the 11th International Conference on Hydrodynamics (ICHD 2014)*. Singapore, 2014. 328–340.
12. Zubova, A. A., and D. V. Nikushchenko. "Hydrodynamic interaction phenomena investigations during the ship overtaking maneuver for marine related simulators with the use of CFD methods." *Proceedings of International Conference on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability 2015 (MARSIM 2015)*. Curran Associates, Inc., 2016. 672–684.
13. Guliyev, Namig J., and Vugar E. Ismailov. "On the approximation by single hidden layer feedforward neural networks with fixed weights." *Neural Networks* 98 (2018): 296–304. DOI: 10.1016/j.neunet.2017.12.007.
14. Haykin, S. S. *Neural Networks and Learning Machines*. Third Edition. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2009.
15. Deryabin, V. V., and A. E. Sazonov. "Neuro-fuzzy vessel's dead reckoning model." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(32) (2015): 1–16.
16. Deryabin, V.V. "Neural Network Algorithm of Vessel's Drift Speed Prediction." *Herald of computer and information technologies* 6(132) (2015): 11–17. DOI: 10.14489/vkit.2015.06.pp.011–017.
17. Ershov, Andrey A., and Andrey V. Mikhnevich. "The use of characteristics of maneuvering to ensure the safety of vessel traffic in the narrows." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.5 (2018): 897–910. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-897-910.
18. Ershov, A. A., A. I. Kritskii, and S. Yu. Razvozov. "Uchet opasnostei shtormovogo plavaniya pri manevrirovanii sudna." *Prioritetnye napravleniya nauchnykh issledovaniy. analiz, upravlenie, perspektivy: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Ufa: Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennost'yu «OMEGA SAINS», 2021. 60–61.
19. Ershov, A. A., A. I. Kritskii, and S. Yu. Razvozov. "Ispol'zovanie diagramm opasnostei pri shtormovom plavanii." *Prioritetnye napravleniya nauchnykh issledovaniy. analiz, upravlenie, perspektivy: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Ufa: Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennost'yu «OMEGA SAINS», 2021. 61–62.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ершов Андрей Александрович —

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

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

e-mail: ershov_63@mail.ru, kaf_mus@gumrf.ru

Михневич Андрей Викторович — аспирант

Научный руководитель:

Ершов Андрей Александрович
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»

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

e-mail: kaf_mus@gumrf.ru

Крицкий Андрей Игоревич — аспирант

Научный руководитель:

Ершов Андрей Александрович
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»

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

e-mail: kaf_mus@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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, kaf_mus@gumrf.ru

Mikhnevich, Andrey V. — Postgraduate

Supervisor:

Ershov, Andrey A.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping

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

e-mail: kaf_mus@gumrf.ru

Kritsky, Andrey I. — Postgraduate

Supervisor:

Ershov, Andrey A.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping

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

e-mail: kaf_mus@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 23 марта 2021 г.

Received: March 23, 2021.