

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-447-455

PLANNING OF TRIALS TO CHECK THE DIAGRAMS (TABLES) MANEUVERING OF A VESSEL

A. A. Ershov, D. A. Huharev

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

This article aims at improving the safety of vessel traffic in the implementation of the mooring by experimental verification of the proposed diagram (table) ship management.

The development and operation of ports is impossible without ensuring the safety of navigation. Most Russian ports are located in the narrows and the court in front of the passage to the berths of the port must pass through the limited width and depth of channels and fairways, to turn, to take their position at the pier. Then the ship has to make a rapprochement with the pier on a pre-selected direction. In the process of performing each of the operations the vessel must ensure maximum safety conditions taking into account the possible presence of wind and currents, and to prevent collision of vessels, stranding and piles for berthing facilities.

Analysis of recent emergencies which occurred with the ships in the Russian and foreign ports, shows that many of them were the result of raids on vessels near berths. Usually to ensure the safety of vessel traffic in the conditions of narrowness of the issues should the decision of the hydrographic, navigational tasks, and the development of calculation methods for handling and steering the vessel, and methods of mathematical modeling of ship traffic in the narrows. In earlier works, the authors proposed to calculate diagram (table) control of a vessel at the mooring. This article suggests methods for planning the experiment to validate a previously calculated diagrams ship management.

The article proposes the methodology of the experiment for experimental verification of the pre-calculated diagrams ship management. Also concludes that the holding of such experiments to facilitate mooring of vessels may be useful without preliminary calculations of the diagrams (tables) ship management.

The experience of the test diagrams ship management for specific vessel shows that this technique can be used on all ships to clarify the maneuvering capabilities of vessels to complex mooring operations.

Using the proposed in the article experimental methods for different ships will allow all types of vessels to improve safety of implementation of mooring operations in ports.

Keywords: experimental verification, the safety conditions of mooring operations, the increase in port safety.

For citation:

Ershov, Andrey A., and Dmitry A. Huharev. "Planning of trials to check the diagrams (tables) maneuvering of a vessel." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.3 (2017): 447–455. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-447-455.

УДК 656.61.052.7

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ ДИАГРАММЫ (ПЛАНШЕТА) УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

А. А. Ершов, Д. А. Хухарев

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

Статья направлена на повышение безопасности движения судов при осуществлении швартовных операций путем экспериментальной проверки, предложенной авторами диаграммы (планшета) управления судном.

Развитие и эксплуатация портов невозможны без обеспечения безопасности судоходства. Большинство российских портов расположено в узкостях, и суда перед проходом к причалам порта должны пройти по ограниченным по ширине и глубине каналам и фарватерам, развернуться и занять свое положение у причала. Затем судно должно совершить сближение с причалом по заранее выбранному направлению. В процессе выполнения каждой операции судно должно обеспечивать максимальные условия безопасности с учетом возможного наличия ветра и течения, а также предупреждать столкновения судов, посадки на мель и навалы на причальные сооружения.

Анализ последних аварийных ситуаций, произошедших с судами в российских и иностранных портах, показывает, что многие из них явились результатом навалов на суда, стоящие возле причалов. Обычно для обеспечения безопасности движения судов в условиях узкости необходимо решение гидрографических и навигационных задач, а также развитие расчетных методов управляемости и маневрирования судном и методов математического моделирования движения судов в узкостях. Ранее в публикациях авторов предлагалось рассчитывать диаграммы (планшеты) управления судном при швартовках. В данной статье предлагаются методы планирования проведения эксперимента для проверки ранее рассчитанной диаграммы управления судном.

В статье предлагается методика проведения эксперимента для экспериментальной проверки заранее рассчитанной диаграммы (планшета) управления судном. Также делается вывод о том, что проведение подобных экспериментов для облегчения швартовных операций судов может быть полезным и без предварительных расчетов диаграмм (планшетов) управления судном. Опыт проведения экспериментальной проверки диаграммы (планшета) управления конкретным судном показывает, что данная методика может быть использована на всех судах для уточнения их маневренных возможностей перед проведением сложных швартовных операций. Использование предложенных в статье экспериментальных методов позволит судам всех типов повысить безопасность выполнения швартовных операций во всех портах.

Ключевые слова: экспериментальная проверка, условия безопасности швартовки, повышение безопасности в портах.

Для цитирования:

Ершов А. А. Планирование проведения экспериментальной проверки диаграммы (планшета) управления судном / А. А. Ершов, Д. А. Хухарев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 3. — С. 447–455. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-447-455.

Введение (Introduction)

Анализ последних аварийных ситуаций, произошедших с судами в российских и иностранных портах, показывает, что многие из них явились результатом навалов на суда, стоящие возле причалов. При этом заходящее судно двигалось по ограниченным по глубине и ширине каналам и фарватерам порта в условиях ветра. Таким образом, в случае аварии при проходе по каналам и фарватерам порта заходящее судно не смогло «уложиться» в отведенную для него безопасную ширину канала или фарватера. В работах [1] – [3] авторами предлагалось для этих целей рассчитывать специальные диаграммы (планшеты) управления судном при швартовках. Подобные задачи были проанализированы в работах [4] – [7] и др. Комплексные задачи обеспечения безопасности движения судов в узкостях и при подходах к портам решались в работах [8] – [10]. В иностранных работах данные проблемы рассматривались в работах [11] – [12]. В настоящей статье предлагается процедура проведения натурального эксперимента для проверки и уточнения заранее рассчитанной диаграммы (планшета) управления судном.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Рассчитанная в соответствии с зависимостями и методиками, предложенными в работах [1] – [3], диаграмма (планшет) управления судном может быть проконтролирована и уточнена путем проведения натуральных испытаний судна. При этом предлагается следующий порядок проведения натуральных испытаний судна для уточнения заранее рассчитанной диаграммы управления судном при швартовках.

1. В штилевую погоду или при ограниченном ветре и волнении судно выходит в район проведения испытаний в удалении от основных водных путей. При наличии в районе проведения

испытаний течения в качестве основного ориентира для определения места судна используется шлюпка или свободно плавающая вешка, радиолокационное изображение которой хорошо видно экране радиолокатора.

2. По заранее рассчитанной для данного судна диаграмме управления выбирается направление движения судна, которое должно быть проконтролировано при испытаниях. В качестве этого направления наиболее выгодно проверять те направления, которые соответствуют основным схемам швартовки данного судна, например, направления движения с углом дрейфа 30°, 45°, 60°, 90° (по заранее рассчитанной диаграмме управления судном).

3. По заранее рассчитанной диаграмме управления судном определяется положение органов управления судном, соответствующих данному направлению движения судна (рис. 1).

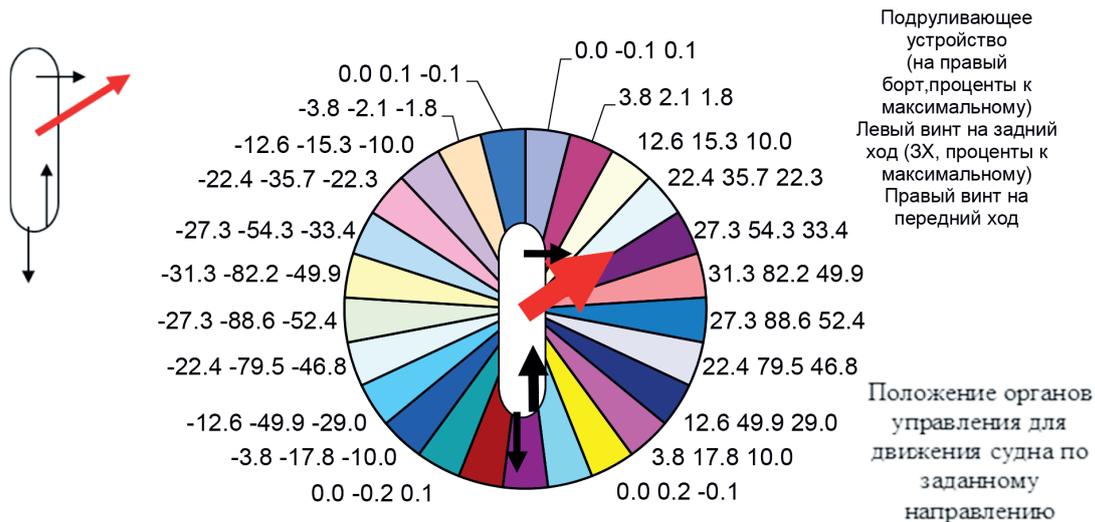


Рис. 1. Круговая диаграмма управления судном при швартовке, скорость движения 0,2 м/с

4. Органы управления судном приводятся в заранее рассчитанное положение, начинается движение судна.

5. В процессе движения с заданной дискретностью производится измерение пеленга и дистанции до свободно плавающего ориентира (рис. 2). Методика определения необходимой дискретности измерений пеленга и дистанции на свободно плавающий ориентир приведена в пп. 6 – 8. Одновременно производится измерение курса судна. Если курс судна начинает изменяться, то корректируется положение органов управления по методике, изложенной в [1] – [3]. Используя плавную корректировку положения органов управления, добиваются постоянства курса при движении судна.

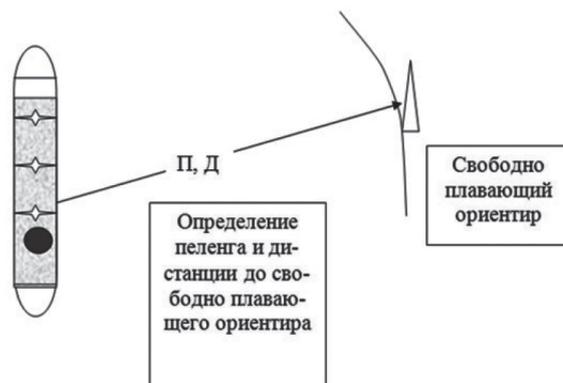


Рис. 2. Определение пеленга судна до свободно плавающего ориентира при проведении испытаний по контролю и уточнению диаграммы управления судном

6. С помощью соединения на карте полученных по пеленгу и дистанции обсерваций от ориентировочного положения свободно плавающего ориентира (например, шлюпки) определяется путевой угол ПУ (угол скорости судна) при движении с данным положением органов управления.

7. Угол дрейфа судна рассчитывается по выражению

$$\beta = \text{ПУ} - \text{ИК}, \quad (1)$$

где β — угол дрейфа судна, град; ПУ — путевой угол судна, град; ИК — истинный курс судна, град.

8. На диаграмме управления судном наносится откорректированное по результатам испытаний положение органов управления судна при соответствующем ему угле дрейфа, определенном во время испытаний (рис. 3).

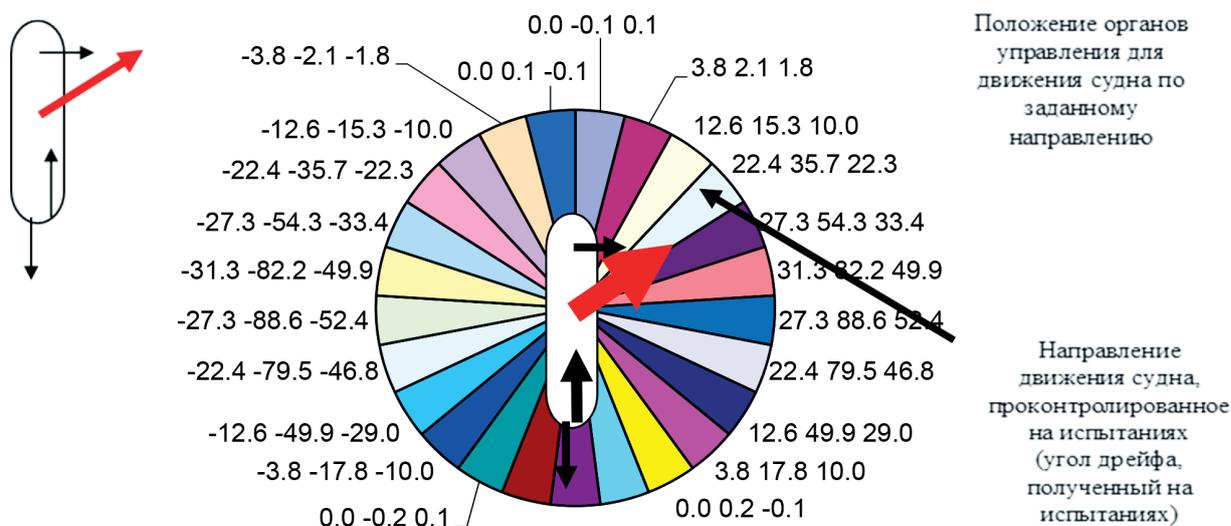


Рис. 3. Уточнение диаграммы управления судном по данным натурных испытаний

При проведении маневренных испытаний для уточнения рассчитанной диаграммы управления судном наиболее важное значение имеет определение направления угла дрейфа β , по которому будет двигаться судно при заданном положении органов управления. В общем случае определение направления движения судна при данном положении органов управления зависит от точности определения места судна и дискретности снятия обсерваций. На рис. 4 представлена основная причина появления ошибок в определении направления движения судна при данном положении органов управления, данной точности определения места судна (ОМС) и данной дискретности обсерваций. При определенном способе получения обсерваций точность ОМС характеризуется радиальной ошибкой. При этом в самом худшем случае судно может оказаться в крайних положениях окружности, определяющей эту радиальную ошибку ОМС.

Как видно из рис. 4, если судно находится в крайних положениях окружности, определяющих радиальную ошибку ОМС, то возникает погрешность в определении направления, по которому движется судно при данном положении органов управления судном (ошибка в определении угла дрейфа при движении судна).

Расстояния, проходимые судном за определенное время между обсервациями, одинаково независимы от того, в каком положении окажется судно при данной точности определения места. Поэтому более точно источник появления погрешностей может быть охарактеризован дугой окружности, длина которой приближенно равна удвоенному значению радиальной ошибки ОМС — $2 \cdot M$.

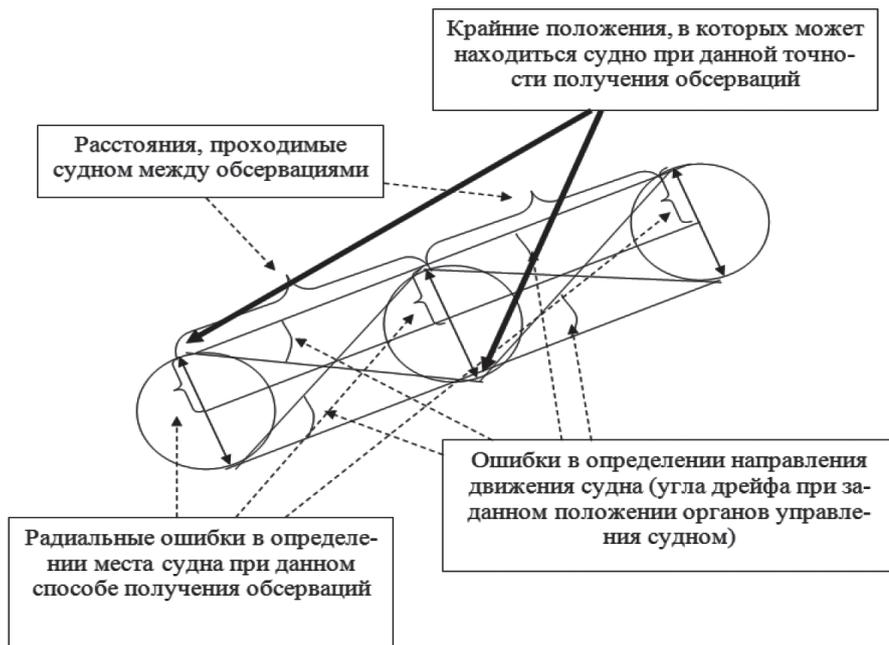


Рис. 4. Определение ошибки обсерваций при проведении натурального эксперимента

Как следует из рис. 5, дуга окружности

$$CC1 \approx 2M. \quad (2)$$

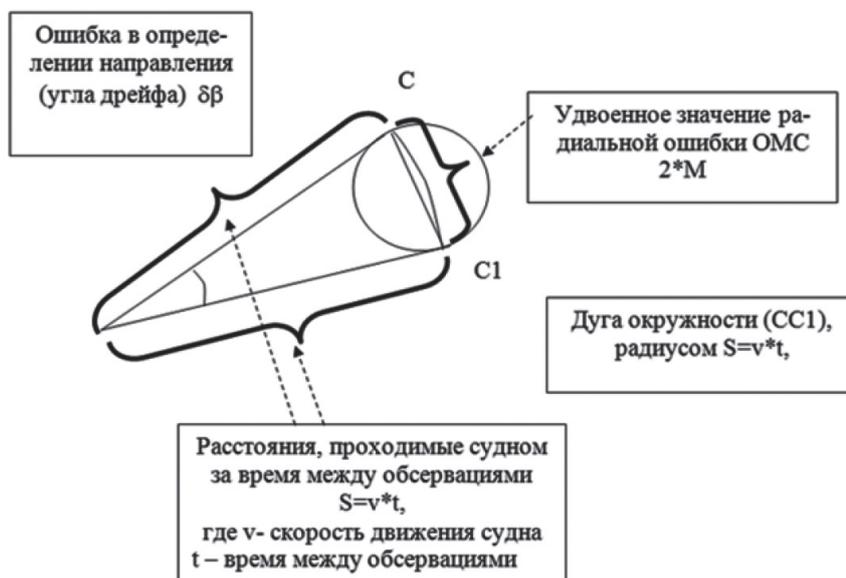


Рис. 5. Схема расчета ошибки ОМС при проведении натурального эксперимента

С учетом того, что

$$CC1 = S\delta_{\beta} = vt\delta_{\beta}, \quad (3)$$

получаем

$$t = \frac{2M}{v\delta_{\beta}}, \quad (4)$$

где t — время между наблюдениями, с; δ_{β} — ошибка в определении направления (угла дрейфа), рад.

Таким образом, при равной точности определения места судна для получения ошибки в определении места судна, не превышающей данную величину M , с уменьшением скорости движения судна необходимо увеличивать время между наблюдениями (увеличивать дискретность наблюдений).

Результаты (Results)

Для подтверждения достоверности основных положений диссертации: предложенных методик расчета диаграммы (планшетов) управления судном и их практического применения на действующих судах, авторами выполнялись расчеты и натурные испытания на газовозе LNG «Pioneer».

Основные характеристики газовоза LNG «Pioneer»:

длина максимальная — 277 м;

длина между перпендикулярами — 266 м;

ширина на миделе — 43,4 м;

осадка судна при полной загрузке — 11,4 м.

Газовоз LNG «Pioneer» оборудован одним винтом и носовым подруливающим устройством. Результаты расчета диаграммы (планшета) управления судном по материалам [1] – [3] для LNG «Pioneer» представлены на рис. 6.

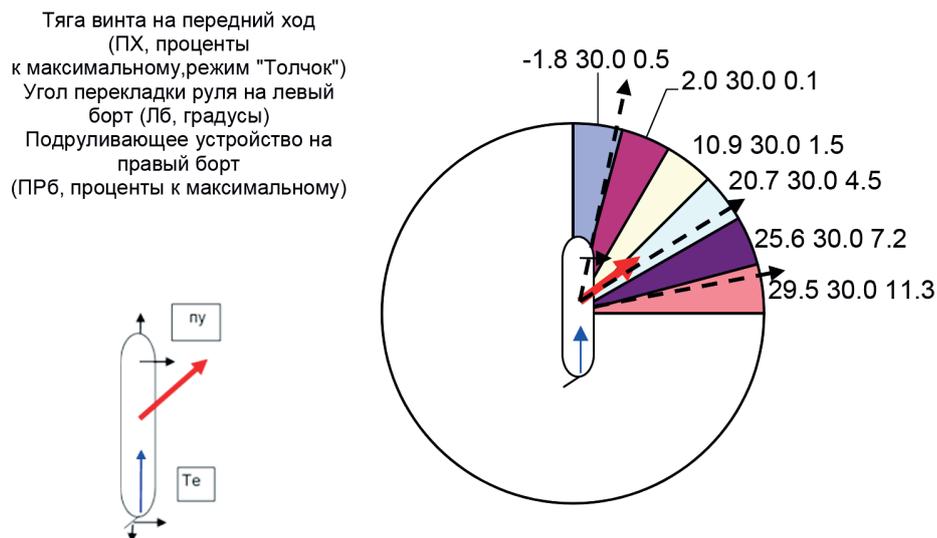


Рис. 6. Уточненная диаграмма управления LNG «Pioneer» при скорости движения судна 0,2 м/с

В соответствии с материалами настоящей статьи, в 2016 г. во время рейса Южная Корея – Арабские Эмираты проводились натурные испытания по уточнению диаграммы (планшета) управления судна, полученной расчетным путем. Испытания проводились для судна, находившегося на рейде в штилевую погоду, в соответствии с требованиями методик, представленных в данной статье. В качестве свободно плавающего ориентира использовалась рабочая шлюпка. По результатам проведения натурных испытаний была получена уточненная диаграмма (планшет) управления судном, которая представлена на рис. 6. На этой диаграмме нанесены реальные направления движения LNG «Pioneer» при расчетном положении органов управления (в виде черных пунктирных стрелок). Полученные результаты подтверждают достоверность расчётных данных по определению параметров диаграммы управления судном, представленных в библиографических источниках [1] – [3], а также дают возможность уточнять параметры движения судна путем проведения натурных испытаний для диаграмм (планшетов) управления судном, полученных расчетным путем.

Обсуждение (Discussion)

Полученные в настоящей статье выводы совпадают с данными других авторов о важности избежания столкновений и навалов судов при выполнении швартовных операций и необходимости использования в данном направлении различных подходов, включая математическое моделирование и проведение различных экспериментов на судне. Произошедшие в последнее время навалы судов на причалы, включая навал танкера при швартовке в порту Приморск, приведший к выводу из строя причального комплекса и многочисленным убыткам, подтверждает важность вопросов обеспечения безопасности швартовных операций в настоящее время. Предложенные в настоящей статье подходы к планированию и проведению натурных экспериментов на судне могут использоваться непосредственно перед проведением реальных швартовных операций. В этом случае более точно учитывается состояние загрузки судна и ветроволновых условий предстоящих швартовных операций.

Выводы

1. Проведение натурных экспериментов по уточнению заранее рассчитанных диаграмм (планшетов) управления судном при швартовках по методикам, предложенным в настоящей статье, позволяет уточнить положение органов управления судном и повысить безопасность судна при проведении безопасных швартовных операций.
2. Описанные в настоящей статье натурные эксперименты могут проводиться в случае, если позволяет акватория, непосредственно перед проведением реальных швартовных операций. При этом более точно учитываются состояние загрузки судна и ветроволновые условия предстоящей швартовки.
3. Проведение натурных экспериментов может проводиться судами и без предварительного расчета диаграммы (планшета) управления судном с целью накопления данных о возможности маневрирования судном при проведении швартовных операций.
4. Как показывает опыт практического использования результатов настоящей работы, проведение натурных экспериментов даже в ограниченном виде перед проведением швартовных операций для уточнения положения органов управления судном является перспективным подходом к обеспечению безопасности швартовных операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ершов А. А.* Совершенствование управления судном при швартовках / А. А. Ершов, Д. А. Хухарев // Научно-технический вестник Поволжья. — 2015. — № 3. — С. 132–134.
2. *Ершов А. А.* Обеспечение безопасности и эффективности швартовных операций / А. А. Ершов, Д. А. Хухарев // Научно-технический вестник Поволжья. — 2015. — № 4. — С. 65–67.
3. *Ершов А. А.* Перспективы автоматизации управления судном при швартовках / А. А. Ершов, Д. А. Хухарев // XIII Международная науч.-практ. конф. «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия». Ежемес. науч. журн. — Новосибирск, 2015. — № 6 (13). — С. 144–145.
3. *Логиновский В. А.* Моделирование оценки вероятности посадки судна на грунт с помощью нечетких чисел / В. А. Логиновский, А. А. Струков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 1 (20). — С. 89–96.
4. *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.
5. *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.
6. *Бурмака А. И.* Стратегия расхождения судов в ситуации чрезмерного сближения / А. И. Бурмака // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 1 (23). — С. 20–22.

7. 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.

8. 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 ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014. — С. 6–13.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. Kijima K. A Ship Manoeuvring Motion in the Proximity of Pier / K. Kijima, Y. Furukawa // Manoeuvring and Control of Marine Craft (MCMC'94). 3rd International Conference. — Southampton, UK, 1994. — Pp. 211–222.

REFERENCES

1. Ershov, A. A., and D. A. Huharev. "Improvement of mooring of the ships." *Scientific and Technical Volga region Bulletin* 3 (2015): 132–134.

2. Ershov, A. A., and D. A. Huharev. "Ensuring safe and efficient mooring operations." *Scientific and Technical Volga region Bulletin* 4 (2015): 65–67.

3. Loginovskij, V. A., and A. A. Strukov. "Modeling of the probability assessment of grounding the vessel by fuzzy numbers." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 1(20) (2013): 89–96.

4. 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.

5. 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.

6. Burmaka, A. I. "The strategy of maneuvering of ships in a situation of excessive proximity." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 1(23) (2014): 20–22.

7. Nekrasov, S. N., Efimov K. I., 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.

8. Ershov, A. A. "Usage zones of safe passage in approaches to ports and inland waterways." *Sb. nauch. tr. prof.-prep. sost. GUMRF im. adm. S. O. Makarova*. SPb.: Izd-vo GUMRF imeni admirala S. O. Makarova, 2014: 6 – 13.

9. Parinov, P. P. *Novye sposoby obespecheniya bezopasnogo dvizheniya sudov v Bol'shom portu Sankt-Peterburg i na podkhodakh k portu*. PhD diss. SPb., 2010.

10. Ershov, A. A. *Razrabotka sistemy intellektualnoj podderzhki sudovoditelja dlja snizhenija opasnosti stolknovenij sudov*. Dr. diss. SPb., 2012.

11. 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.

12. Kijima, K., and Y. Furukawa. "A Ship Manoeuvring Motion in the Proximity of Pier." *Manoeuvring and Control of Marine Craft (MCMC'94)*. 3rd International Conference. Southampton, UK, 1994: 211–222.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Хухарев Дмитрий Андреевич — аспирант
Научный руководитель:
Ершов Андрей Александрович
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 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

Huharev, Dmitry A. — 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: ershov_63@mail.ru

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