

# **ВЕСТНИК**

**МОРСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

## **Спецвыпуск**

Материалы

IV Научно-практической конференции  
«Морские исследования на Дальнем Востоке»,  
7-8 октября 2021 г.

**Вып. 88 / 2021**

**УДК 656.61(06)**  
**В38**

**В38** **Вестник Морского государственного университета** : материалы IV Научно-практической конференции «Морские исследования на Дальнем Востоке», 7-8 октября 2021 г. Вып. 88 / 2021 / Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского; научный редактор Д.А. Акмайкин [и др.]. — Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2021. — 62 с. ; цв. ил., табл. — Библиогр. в конце ст. — ISSN 2225-2908.

Спецвыпуск Вестника Морского государственного университета содержит доклады, прозвучавшие на IV Научно-практической конференции «Морские исследования на Дальнем Востоке» (7-8 октября марта 2021 г.), организованной Морским государственным университетом им. адм. Г. И. Невельского, в которой приняли участие научные сотрудники, преподаватели, аспиранты, курсанты и студенты. В данный выпуск вошли материалы секций конференции «Безопасность мореплавания», «Морские технологии», «Освоение шельфа Дальнего Востока и Арктики», «Автоматизация судоходства», «Информационная безопасность», «Судовождение на морских путях» и «Актуальные проблемы управление безэкипажными судами».

Сборник предназначен для практиков, руководителей всех уровней, научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

УДК 656.61(06)

**Редакционная коллегия:**

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Акмайкин (научный редактор),  
доцент кафедры судовождения В.Н. Мотрич

**ISSN 2225-2908**

© Морской государственный университет  
имени адмирала Г. И. Невельского, 2021

# СОДЕРЖАНИЕ

## БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

**Мотрич В.Н., Акмайкин Д.А.** Причины аварий на морском флоте ..... 4

## МОРСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Азовцев А.И., Огай А.С.** Предпроектная оценка  
эффективности размерной модернизации наливного судна-раздатчика ..... 9

**Москаленко В.М.** Операционная энергоэффективность морского судна ..... 13

## ОСВОЕНИЕ ШЕЛЬФА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И АРКТИКИ

**Алексеев Д.В.** Разработка метода количественной оценки риска  
разлива нефти или нефтепродуктов на морской акватории ..... 19

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СУДОХОДСТВА

**Ильченко А.А.** Нечеткая логика и нейросетевые  
технологии в судовождении ..... 26

## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Акмайкин Н.Д.** Анализ возможности определения  
местонахождения объекта внутри морского судна ..... 31

**Верещагина Е.А., Кислов М.В.** Информационная безопасность  
внешних накопителей данных для предприятий ..... 37

## СУДОВОЖДЕНИЕ НА МОРСКИХ ПУТЯХ

**Казарезов А.Я., Огай С.А., Войлошников М.В., Огай А.С.**  
Траектория движения судна на неустановившейся циркуляции ..... 40

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗЭКИПАЖНЫМИ СУДАМИ

**Акмайкин Д.А., Гамс А.В.** Перспективы участия безэкипажных судов  
в организации поиска и спасания людей на морских акваториях ..... 55

**Мотрич В.Н.** Архитектура управления морскими  
автономными надводными судами ..... 59

# БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

УДК 656.612

## ПРИЧИНЫ АВАРИЙ НА МОРСКОМ ФЛОТЕ

Мотрич Владимир Николаевич, Акмайкин Денис Александрович  
Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского  
motrichvn@msun.ru, akmaykin@msun.ru

**Аннотация.** В статье приведена статистика аварийности на морском флоте за 2020 год и минувшее десятилетие, проанализированы причины аварий и аварийных случаев, показано влияние пандемии Ковид-19 на аварийность на морском флоте, предложены краткие рекомендации по предотвращению аварий, связанных с человеческим фактором.

**Ключевые слова:** безопасность мореплавания, аварийность, морской флот.

## CAUSES OF ACCIDENTS IN THE MERCHANT FLEET

Motrich Vladimir, Akmaykin Denis  
Maritime State University named after admiral G. I. Nevelskoy  
motrichvn@msun.ru, akmaykin@msun.ru

**Abstract.** The article presents statistics of accidents in the Navy for 2020 and the decade 2011-2020, analyzes the causes of accidents and accidents, shows the impact of the Covid-19 pandemic on accidents in the navy, offers brief recommendations for the prevention of accidents related to the human factor.

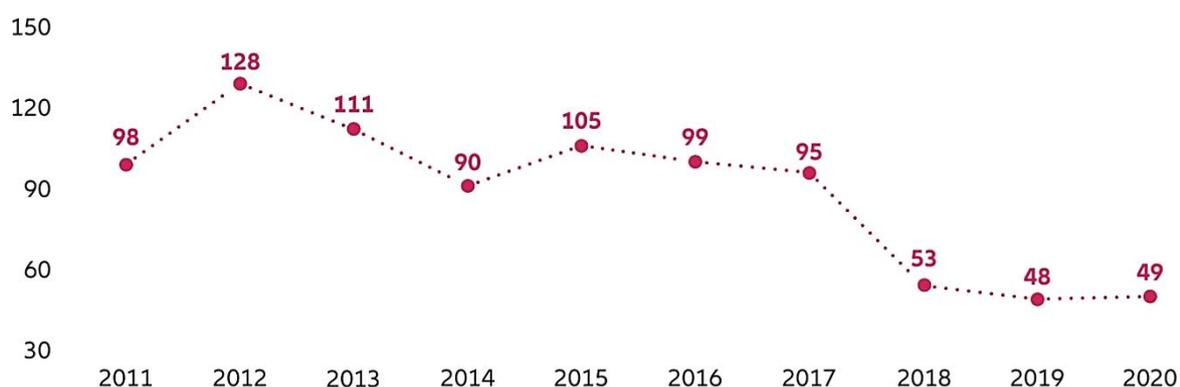
**Keywords:** safety of navigation, accident rate, accidents, merchant fleet.

Оригинальность 89,31 %,  
13.03.2022

Согласно статистике Регистра морского судоходства Ллойда, мировая судоходная индустрия в 2020 году продолжала свою долгосрочную позитивную тенденцию в области безопасности мореплавания, при этом количество зарегистрированных общих потерь судов валовой вместимостью более 100 оставалось стабильным на уровне 49 по сравнению с 48 годом ранее. Ежегодные потери флота за последнее десятилетие сократились вдвое (в 2011 году погибло 98 судов), хотя в 2020 году впервые за пять лет невозвратные потери не снизились, что позволяет предположить, что общее число потерь может стабилизироваться на минимально достижимом уровне. Тем не менее, средний показатель потерь

за 10 лет (88) значительно улучшился, отражая тем самым международные усилия по совершенствованию правового регулирования безопасности судоходства, конструкции и технологии постройки судов, а также достижения в области управления рисками.

Южный Китай, Индокитай, Индонезия и Филиппины являются глобальными очагами потерь, на которые приходится треть всех погибших в 2020 году судов (16), при этом количество инцидентов несколько увеличилось в годовом исчислении (в 2019 году - 14). В регионах Восточного Средиземноморья и Черного моря (7) и Персидского залива (4) наблюдался значительный рост аварийности; они разделили второе и третье места. Воды Юго-Восточной Азии также являются основным местом потерь за последнее десятилетие (224 инцидента), что обусловлено рядом факторов, среди которых высокая интенсивность местной и международной торговли, оживленные судоходные пути и скопления судов в портах, устаревшие флоты, а также экстремальные погодные условия. На вместе взятые регионы Южного Китая, Индокитая, Индонезии и Филиппин, Восточного Средиземноморья с Черным морем, а также на воды Японии, Кореи и Северного Китая приходится половина из 876 погибших за последние 10 лет (437) судов.



Source: Lloyd's List Intelligence Casualty Statistics  
Data Analysis & Graphic: Allianz Global Corporate & Specialty

Рис. 1. Ежегодные потери судов за десять лет снизились в два раза

На грузовые суда пришлось более трети (18) всех судов, потерянных в 2020 году. Количество потерь, связанных с грузовыми и пассажирскими судами, увеличивалось из года в год. Анализ показывает, что на сухогрузные суда приходится 40% всех потерь за последнее десятилетие (348).

Наиболее распространенной причиной гибели судов в 2020 году была потеря плавучести. Каждое второе из погибших судов затонуло. При этом способствующими факторами стала штормовая погода, плохая видимость, приведшая к столкновению, поступлению воды внутрь судна, а также поломка механизмов и оборудования.

В общей сложности 54 % всех потерь 2020 года произошли в результате потери плавучести; потерпевшие крушение после посадки на мель составили 20 %, а на пожары и взрывы пришлось 11 %.



Рис. 2. Число и причины потерь 2020 года

Табл. 1. Сводная таблица числа потерь за 2011-2020 гг. по типам судов

Типы судов	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Всего
Сухогрузы	37	61	40	31	40	34	54	17	16	18	<b>348</b>
Рыболовные	14	12	13	15	16	10	8	12	10	10	<b>120</b>
Балкеры	14	11	15	5	13	5	7	2	2	2	<b>76</b>
Пассажирские	7	7	8	11	6	11	5	6	3	5	<b>69</b>
Буксиры	2	7	7	7	6	7	4	4	4	3	<b>51</b>
Химовозы	4	8	10	2	3	7	4	1		1	<b>40</b>
Ролкеры	3	6	2	5	6	9		1	4	1	<b>37</b>
Контейнеровозы	3	7	4	4	5	5	3	2	1	1	<b>35</b>
Прочие	5	3	6	4	4	3	1		4	5	<b>35</b>
Суда-снабженцы	2	3	2	3	3	2	2	1		1	<b>19</b>
Земснаряды	2	1		1	1	1	3	2		1	<b>12</b>
Нефтетанкеры	4	1		1			2	3		1	<b>12</b>
Баржи			3	1		3	1	2	1		<b>11</b>
Газовозы	1	1				1	1		2		<b>6</b>
Тип неизвестен			1		2	1			1		<b>5</b>
<b>ИТОГО</b>	<b>98</b>	<b>128</b>	<b>111</b>	<b>90</b>	<b>105</b>	<b>99</b>	<b>95</b>	<b>53</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>876</b>

Число зарегистрированных аварийных случаев и инцидентов на судах несколько снизилось с 2818 до 2703 в 2020 году, или примерно на 4 %. На Британских островах, в Северном море, проливе Ла-Манш и в районе Бискайского залива было зарегистрировано наибольшее число инцидентов (579), хотя этот показатель снизился по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Повреждение/поломка механизмов и оборудования составили 40 % от всех аварийных случаев и инцидентов в мире.

В регионе Восточного Средиземноморья и Черного моря за последнее десятилетие произошло больше всего морских инцидентов (4556).

Табл. 2. Сводная таблица числа потерь за 2011-2020 гг. по причинам гибели

Причина гибели	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Всего
Затонули	46	54	70	50	66	48	57	31	31	24	<b>477</b>
Посадка на мель	28	29	21	18	19	20	15	11	4	7	<b>172</b>
Пожары/взрывы	9	14	15	7	9	15	8	6	9	10	<b>99</b>
Отказ машин	6	15	1	5	2	10	9	2		1	<b>51</b>
Повреждения корпуса	3	7	1	5	2	4	5	1	1		<b>29</b>
Столкновение	3	5	2	2	7	2	1	2	1	2	<b>27</b>
Навалы		2		1							<b>3</b>
Пропали без вести						2			1		<b>3</b>
Атаки пиратов	1										<b>1</b>
Прочие	2	2	1	2		1			1	5	<b>14</b>
<b>ИТОГО</b>	<b>98</b>	<b>128</b>	<b>111</b>	<b>90</b>	<b>105</b>	<b>99</b>	<b>95</b>	<b>53</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>876</b>

Из более чем 26000 инцидентов за последнее десятилетие свыше трети (9334) были вызваны повреждением или поломкой оборудования – более чем в два раза больше, чем при столкновениях.



Рис. 3. Технические причины аварийных случаев в водах Европы в 2020 году

Последствия пандемии Covid-19 оказали гораздо меньшее влияние на морскую индустрию, чем предполагалось ранее. По данным Университета Кларксона объемы мировых морских перевозок сократились, по оценкам, лишь на 3,6 % в 2020 году и в этом году должны превысить уровень 2019 года. Вакцинация этот рост может ускорить.

Связанные с Covid-19 ограничения на поездки и границы, а также повсеместная приостановка международных рейсов значительно повлияли на способность операторов судов проводить смену экипажа. Кризис смены экипажа по-прежнему оказывает серьезное влияние на здоровье и благополучие моряков, что может иметь долгосрочные последствия для безопасности.



Рис. 4. Человеческие причины аварийных случаев в водах Европы в 2020 году

По данным ИМО, в любой день почти миллион моряков работает примерно на 60000 крупных грузовых судах по всему миру. По состоянию на март 2021 года, по оценкам, на борту коммерческих судов оставалось около 200000 моряков с истекшим сроком контрактов, которые не могли быть репатриированы, и такому же числу моряков срочно требовалось прибыть на замену на суда.

В дополнение к гуманитарным вопросам и проблемам благосостояния экипажа растет риск того, что усталость членов экипажа может привести к человеческим ошибкам и даже серьезным несчастным случаям. Если на борту находится экипаж, не получивший должного отдыха, судно потенциально может считаться немореходным в соответствии с международным морским правом.

#### **Источники и литература**

1. Lloyd's List Intelligence Casualty Statistics, London, May 1, 2021. – 11 с.
2. AGCS' Safety and Shipping Review. Allianz Global Corporate & Specialty. Munich, Germany. 2021. – 52 с.
3. Ространснадзор. Сведения об аварийности с судами на море и внутренних водных путях в 2020 году. [Электронный ресурс] Сайт <https://rostransnadzor.gov.ru/>

Поступила в редакцию 08 октября 2021 г.

# МОРСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 629.5.01

## ПРЕДПРОЕКТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗМЕРНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ НАЛИВНОГО СУДНА-РАЗДАТЧИКА

Азовцев Анатолий Иванович, Огай Алексей Сергеевич  
Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского  
azovtcev@msun.ru, ogay\_a@msun.ru

**Аннотация.** Успешная эксплуатация танкеров малой тоннажной группы прошедших размерную модернизацию удлинением является основой интереса малых судоходных компаний к этому способу повышения конкурентоспособности своих судов. Модернизация увеличивает провозную способность, продлевая срок их службы, создается фактически новое судно за меньшие деньги. На примере наливного судна-раздатчика методами предпроектных оценок обоснована возможность и целесообразность его удлинения, что повышает уверенность судовладельца в успехе реализации этой операции.

**Ключевые слова:** морские технологии, танкер, малотоннажная группа, размерная модернизация, удлинение судна.

## PRE-DESIGN EVALUATION OF THE SIZE MODERNIZATION EFFICIENCY OF THE REFUELING TANKERS

Azovtsev Anatoliy, Ogai Aleksey  
Maritime State University named after Admiral G. I. Nevelskoy  
azovtcev@msun.ru, ogay\_a@msun.ru

**Abstract.** The successful operation of small-tonnage tankers that have undergone dimensional upgrades by lengthening is the basis of the interest of small shipping companies in this method of increasing the competitiveness of their vessels. The modernization increases the carrying capacity, extending their service life; in fact, a new vessel is being created for less money. On the example of a loading vessel-distributor, the possibility and expediency of its lengthening is substantiated by the methods of pre-design assessments, which increases the shipowner's confidence in the success of this operation.

**Keywords:** marine technologies, tanker, small-tonnage group, dimensional modernization, vessel lengthening.

Оригинальность 64,2 %,  
13.03.2022

Суда малой тоннажной группы (дедвейтом до 5000 тонн) широко используются при перевозке грузов при низких фрахтовых ставках. Малые судоходные компании не имеют достаточно средств для существенного обновления флота. Они вынуждены искать способы продления срока службы судов и увеличения их провозной способности за счет удлинения цилиндрической вставки во время модернизации. Исследования эффективности такой модернизации имеют давнюю историю [2, 1] и продолжаются в условиях рыночных отношений [5, 6, 4].

В [5] выполнены комплексные исследования в части модернизации судов малой тоннажной группы в том числе и удлинением цилиндрической вставки. Показано, что именно такая модернизация наиболее предпочтительна. Рациональное удлинение зависит от многих факторов, влияние которых на удлинение определяются целью модернизации.

Цель увеличение длины чаще всего состоит в обеспечении большей грузоподъемности и грузовместимости при возможно меньших потерях скорости хода, управляемости, при малой замене оборудования при смене характеристики снабжения. Опыт более объемной модернизации [4] показывает, что эти противоречивые требования возможно удовлетворить. В [4] установлено, что водоизмещение, вместимость и дедвейт судна увеличиваются пропорционально изменению его длины. Прирост вместимости и дедвейта определяют рост водоизмещения порожнем. Для судов дедвейтом 2-5 тыс. тонн существенное улучшение эксплуатационных качеств можно получить при увеличении длины цилиндрической вставки не менее 5 метров [5].

В настоящем примере оценивается эффективность удлинения наливного судна-раздатчика, имеющего следующие характеристики (табл. 1).

Таблица 1

Основные размерения танкера до модернизации

Валовая вместимость	958 МК-1969
Чистая вместимость	391 МК-1969
Дедвейт	1394.0 т.
Водоизмещение	2188 т.
Длина габаритная	72.01 м.
Длина наибольшая (теоретическая)	72.01 м.
Длина расчетная	66.02 м.
Ширина габаритная	10.74 м.
Высота борта	5.20 м.
Осадка	4.45 м.
Скорость	12.5 узлов

Ставится задача увеличить дедвейт до 1723 т

Основываясь на рекомендациях и выводах [4] увеличение длины  $\delta L$  цилиндрической вставки получили по зависимости:

$$\delta L = kL_{исх} \frac{Dw_{мод} - Dw_{исх}}{Dw_{исх}} = 0,55 * 66 * \frac{1723 - 1394}{1394} = 8,57 \text{ м} \approx 9 \text{ м}, \quad (1)$$

здесь:

$L_{исх}$  – длина между перпендикулярами исходная (до модернизации);

$DW_{исх}$  – дедвейт исходный;  
 $DW_{мод}$  – дедвейт после модернизации.

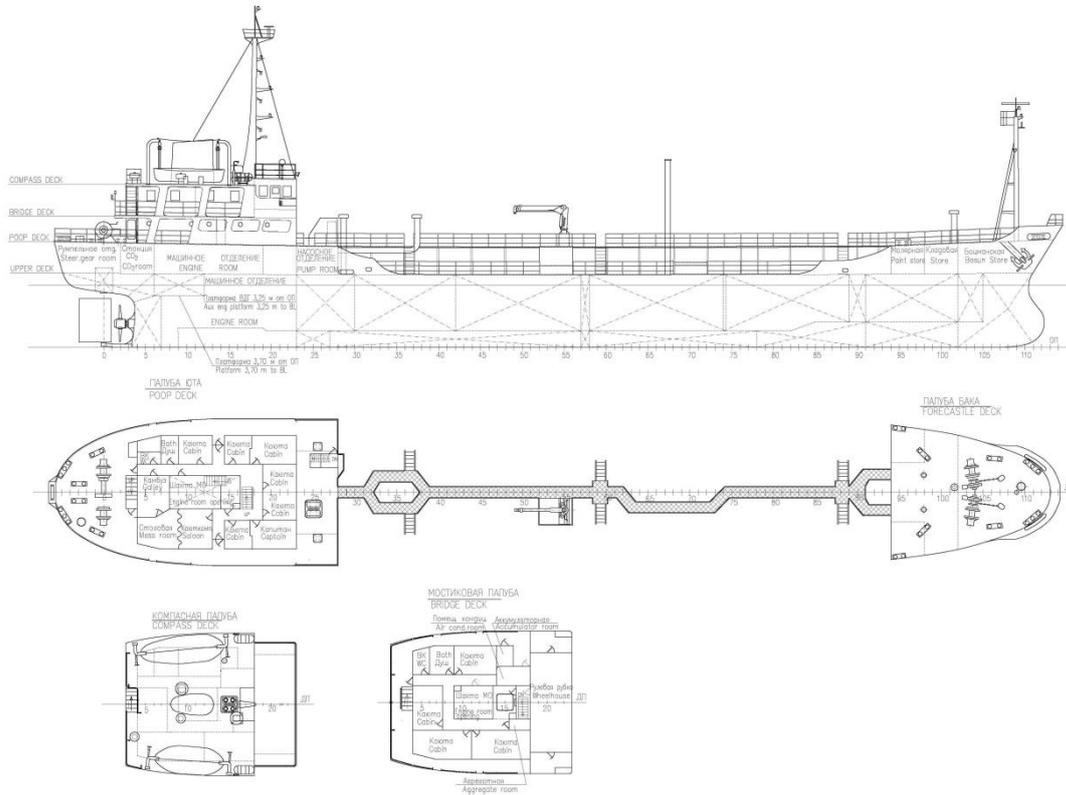


Рис. 1. Общее расположение (до модернизации)

Приближенная оценка  $\delta L$  по зависимости (1) превышает минимум 5 м и должна быть реализована с учетом целого числа шпаций. При шпации судна 600 мм и при их числе 15 увеличение длины составит 9 м.

На рисунке 2 показано 3-D модель корпуса танкера при его удлинении на 9 м.

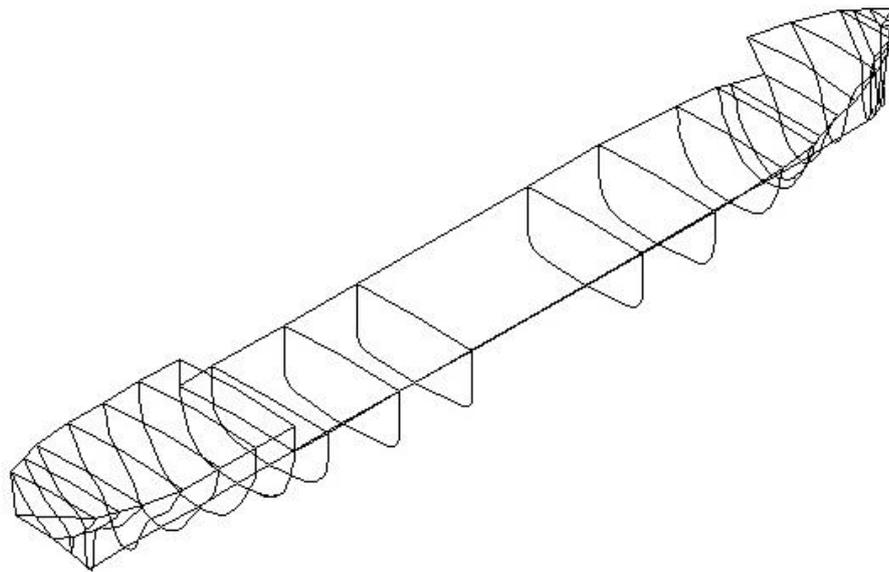


Рис. 2. 3D модель корпуса танкера после модернизации

В соответствии с Правилами РМРС [7] определены контролируемые эксплуатационные параметры по оценке эффективности винторулевого комплекса, характеристики снабжения, продольной прочности посадки и остойчивости в неповрежденном и аварийном состояниях и соответствие их удовлетворение нормативам. Расчеты выполнены с применением расчетно-информационного комплекса «Загрузка».

Результаты предпроектной размерной модернизации приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные размерения танкера после модернизации

Дедвейт	1723 т.
Водоизмещение	2587 т.
Длина габаритная	81.01 м.
Длина наибольшая (теоретическая)	81.01 м.
Длина расчетная	75.00 м.
Ширина габаритная	10.74 м.
Высота борта	5.20 м.
Осадка	4.45 м.
Скорость	11.5 узлов

#### Источники и литература

1. Гундобин А. А. Размерная модернизация и переоборудование судов / А. А. Гундобин, Г. Н. Финкель. – Л.: Судостроение, 1977. – 157 с.
2. Баранов В. С. Удлинение корпуса сухогрузного судна / В. С. Баранов // Технология судостроения. – 1965. – № 3. – С. 134-135.
3. Соколов В. П. Экономическое обоснование проектов судов в условиях рынка / В. П. Соколов // Судостроение. – 1993. – № 1. – С. 14-16.
4. Алексюк А. А. Проект модернизации танкера «Арсеньев» / А. А. Алексюк, А. И. Азовцев, А. С. Огай // Проблемы транспорта Дальнего Востока. Материалы девятой Международной научно-практической конференции, Владивосток.: ДВО Российской академии транспорта, 2011. – С. 126-127.
5. Москаленко М. А., Субботин З. М., Захарина Л. В. Оценка эффективности модернизации корпуса морских судов малой тоннажной группы // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2014. – № 6. – С. 88-94.
6. Egorov G. V. Dimensional modernization of the timber carrier “Pavel Vinogradov” / G.V. Egorov, I.A. Ilitskiy // TEAM 2010. – Vladivostok, 2010. – P. 267-272.
7. НД №2-020101-138, Российский морской регистр судоходства, Правила классификации и постройки морских судов РМРС. Санкт-Петербург. – 2021.

Поступила в редакцию 08 октября 2021 г.

## ОПЕРАЦИОННАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ МОРСКОГО СУДНА

Москаленко Владислав Михайлович  
Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского  
asmsh@rambler.ru

**Аннотация.** Запрет на высокосернистое судовое топливо с января 2020 г. требует от судовладельцев отказа от части прибыли в пользу удовлетворения ограничений по энергоэффективности морского судна. Уменьшение уровня загрязнения воздуха находится в прямой зависимости от эксплуатационных показателей энергоэффективности судна. В работе проведен анализ транспортной работы морского судна на переходе, с точки зрения влияния изменения скорости на операционный коэффициент энергетической эффективности.

**Ключевые слова:** морские технологии, судно, энергоэффективность, скорость, выбросы CO<sub>2</sub>.

## OPERATIONAL ENERGY EFFICIENCY OF THE MARINE VESSEL

Moskalenko Vladislav  
Marine State University named after Admiral G. I. Nevelskoy  
asmsh@rambler.ru

**Abstract.** The ban on high-sulfur marine fuel, from January 2020, requires shipowners to abandon part of the profit in favor of satisfying the restrictions on the energy efficiency of the sea vessel. The reduction of air pollution is directly dependent on the operational indicators of the ship's energy efficiency. The paper analyzes the transport operation of a sea vessel at the transition, from the point of view of the impact of speed changes on the operational coefficient of energy efficiency.

**Keywords:** marine technologies, ship, energy efficiency, speed, CO<sup>2</sup> emissions.

Оригинальность 68,97 %,   
13.03.2022

С принятием Парижского соглашения по климату 12 декабря 2015 года все стороны согласовали общий набор целей для решения проблем связанных с глобальным потеплением. Эти цели включают в себя долгосрочную цель по удержанию повышения глобальной средней температуры на уровне ниже

2x<sup>0</sup> C, по сравнению с доиндустриальными уровнями и продолжение усилий по ограничению повышения температуры до 1,5<sup>0</sup> C по сравнению с доиндустриальными уровнями [1]. Еще одна важная цель, это способность стран адаптироваться к негативным воздействиям изменения климата. Разумеется, как само изменение климата, так и предложенная энергетическая политика в ближайшее время будут накладывать значительные ограничения на глобальный экономический рост и внешнюю торговлю. Глобальные социально-экономические тенденции, рост населения, рост доходов и усиление урбанизации неизбежно ведут к увеличению спроса на электроэнергию, транспорт и другие энергоемкие услуги. Беспрецедентный рост мировой экономики за последнее столетие привел к увеличению использования сырьевых товаров и связанных с ними выбросов парниковых газов. Более высокие выбросы парниковых газов, в свою очередь, ускорили изменение климата, что отрицательно сказалось на самом производстве товаров.

Сегодня в научном сообществе существует устоявшееся мнение, что глобальное потепление, а также экстремальные и неблагоприятные изменения климата вызваны увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере Земли. В частности, концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере увеличилась на 31 процент с начала индустриализации (т.е. со второй половины двадцатого века), и выбросы CO<sub>2</sub> составляют наибольшую долю в выбросах парниковых газов. При этом, самые большие выбросы происходят от сжигания нефти, природного газа и их производных. Глобальные выбросы от деятельности человека по секторам экономики представлены в табл. 1.

Таблица 1. Выбросы парниковых газов по секторам экономики [1]

№	Источник выбросов	Проценты
1	Электричество и производство тепла	25
2	Землепользование	24
3	Промышленность	21
4	Транспорт	14
5	Прочая энергия	10
6	Здания и сооружения	6

Обсуждение изменения климата связано с поисками способов уменьшить выбросы CO<sub>2</sub> связанные с деятельностью человека. В этих условиях подсчитано, что пандемия коронавируса может спасти множество человеческих жизней за счет улучшения качества воздуха в городах [2]. Большое количество предприятий из-за пандемии вынужденно меняет логистику поставок, что в краткосрочной перспективе связано с уменьшением объемов внешней торговли на глобальных рынках. Тем не менее, начиная с 1990 года суммарное радиационное воздействие, вызывающее глобальное потепление, возросло на 43%, где на CO<sub>2</sub> приходится около 80 процентов прироста [3].

Морской транспорт лежит в основе глобальных цепочек поставок и экономической взаимозависимости с судоходством и портами, на которые, по оценкам,

приходится более 80 процентов мировой торговли товарами по объему и более 70 процентов по совокупной стоимости товара. По оценкам ИМО выбросы парниковых газов с судов составляли в 2012г. около 2,2 процента антропогенных выбросов углекислого газа в мире [4]. На сегодня, выбросы от международного судоходства составляют уже около 4х процентов, а к 2050 г. их объем может составить (по прогнозам) более 50 процентов [4]. По оценкам экспертов осуществление ряда технических и эксплуатационных мер может повысить энергоэффективность судов и сократить выбросы парниковых газов на 75 процентов.

После вступления в силу соответствующих поправок к приложению VI Международной конвенции МАРПОЛ 78 по предотвращению загрязнения с судов, меры по повышению энергоэффективности стали юридически обязательными в морской отрасли, для судов валовой вместимостью 400 и более регистровых тонн, с 1 января 2013г. На судне должен находиться план управления энергоэффективностью (SEEMP), который может быть частью судовой системы управления безопасностью или системы экологического менеджмента по ISO 14001. Этот план должен быть направлен на уменьшение выбросов с судов CO<sub>2</sub> за счет более рационального использования топлива и планирования рейса. Для этого производят расчеты эксплуатационного индекса энергетической эффективности EEOI и сравнивают его с конструктивным индексом энергоэффективности EEDI для новых судов. Индексы имеют одинаковый физический смысл – отношение произведенного за рейс (рейсы) CO<sub>2</sub> к величине транспортной работы судна за определенный период:

$$EEOI = (MTЭP_{\phi} \times CF) / A_{\phi}, \quad (1)$$

где: MTЭP<sub>ф</sub> – фактическое потребление топлива в эксплуатации всеми потребителями, т; A<sub>ф</sub> – действительная транспортная работа судна в т. миль; CF – безразмерный коэффициент перевода расхода топлива к выбросам CO<sub>2</sub>.

Разумеется, наибольший интерес для судоходства, представляет вопрос определения факторов влияющих на изменение эксплуатационного индекса энергоэффективности.

Для определения основных эксплуатационных параметров влияющих на эксплуатационный индекс энергоэффективности нами были проведены натурные эксперименты на транстихоокеанском переходе судна типа RO-RO – “GALAXY ACE” валовой вместимостью 59,583 рег.т. Были выявлены операционные меры способные повысить энергоэффективность судна уменьшив выбросы CO<sub>2</sub> на морском переходе без модификации оборудования (см. рис. 1) путем управления транспортной работой и скоростью судна при эффективном планировании рейсов.

### Total Fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions

Parameter	Value
Total fuel consumption	2322.65 m tonnes
Fuel consumptions assigned to on laden	2269.30 m tonnes
Total CO <sub>2</sub> emissions	7291.9579 m tonnes
CO <sub>2</sub> emissions from all voyages between ports under a MS jurisdiction	1940.88 m tonnes
CO <sub>2</sub> emissions from all voyages which departed from ports under a MS jurisdiction	3000.12 m tonnes
CO <sub>2</sub> emissions from all voyages to ports under a MS jurisdiction	2179.92 m tonnes
CO <sub>2</sub> emissions which occurred within ports under a MS jurisdiction at berth	171.04 m tonnes
CO <sub>2</sub> emissions assigned to on laden	7120.9178 m tonnes

### DISTANCE TRAVELLED, TIME SPENT AT SEA AND TRANSPORT WORK

Parameter	Value
Total distance travelled	23177 n miles
Regular navigation	23177 n miles
Total time spent at sea	1554.82 hours
Regular navigation	1554.82 hours
At anchorage	0 hours
Total transport work (mass)	96553994 m tonnes · n miles

### ENERGY EFFICIENCY

Parameter	Value
Fuel consumption per distance	100.2136 kg / n mile
Fuel consumption per transport work (mass)	24.0555 g / m tonnes · n miles
Fuel consumption per distance on laden voyages	Missing source values! kg / n mile
Fuel consumption per transport work (mass) on laden voyages	23.5029 g / m tonnes · n miles
CO <sub>2</sub> emissions per distance	314.6204 kg CO <sub>2</sub> / n mile
CO <sub>2</sub> emissions per transport work (mass)	75.5221 g CO <sub>2</sub> / m tonnes · n miles
CO <sub>2</sub> emissions per distance on laden voyages	Missing source values! kg CO <sub>2</sub> / n mile
CO <sub>2</sub> emissions per transport work (mass) on laden voyages	73.7506 g CO <sub>2</sub> / m tonnes · n miles

Рис. 1. Транспортная работа и энергоэффективность судна

Объем потребления топлива на переходе достаточно точно описывался формулой:

$$Q = Q_T (V/V_T)^3, \quad (2)$$

где Q – фактическое потребление топлива в т/сут.;  
V – эксплуатационная скорость, узлы (см. рис. 2);

$Q_T$  – потребление топлива соответствующее технической скорости в т/сут.;

$V_T$  – техническая скорость, узл.

Из формулы (2) видно, что для судовых дизельных двигателей уровень потребления топлива существенно зависит от скорости. Например, снижение эксплуатационной скорости с 16 до 11 узлов приводит к экономии потребления топлива в сутки на 2/3. При снижении скорости судна, следует учитывать то обстоятельство, что может происходить неполное сгорание топлива и увеличение токсичности отработанных газов. С увеличением нагрузки на главный двигатель и скорости судна, концентрация вредных веществ в отработанных газах снижается. Поэтому, удельное количество отработанных газов, отнесенное к мощности, в основном зависит от режима работы двигателя и его типа и имеет характер гиперболической зависимости.

Расчеты операционного коэффициента энергетической эффективности судна по формуле (1) показали довольно хорошие результаты, (см. рис. 1).

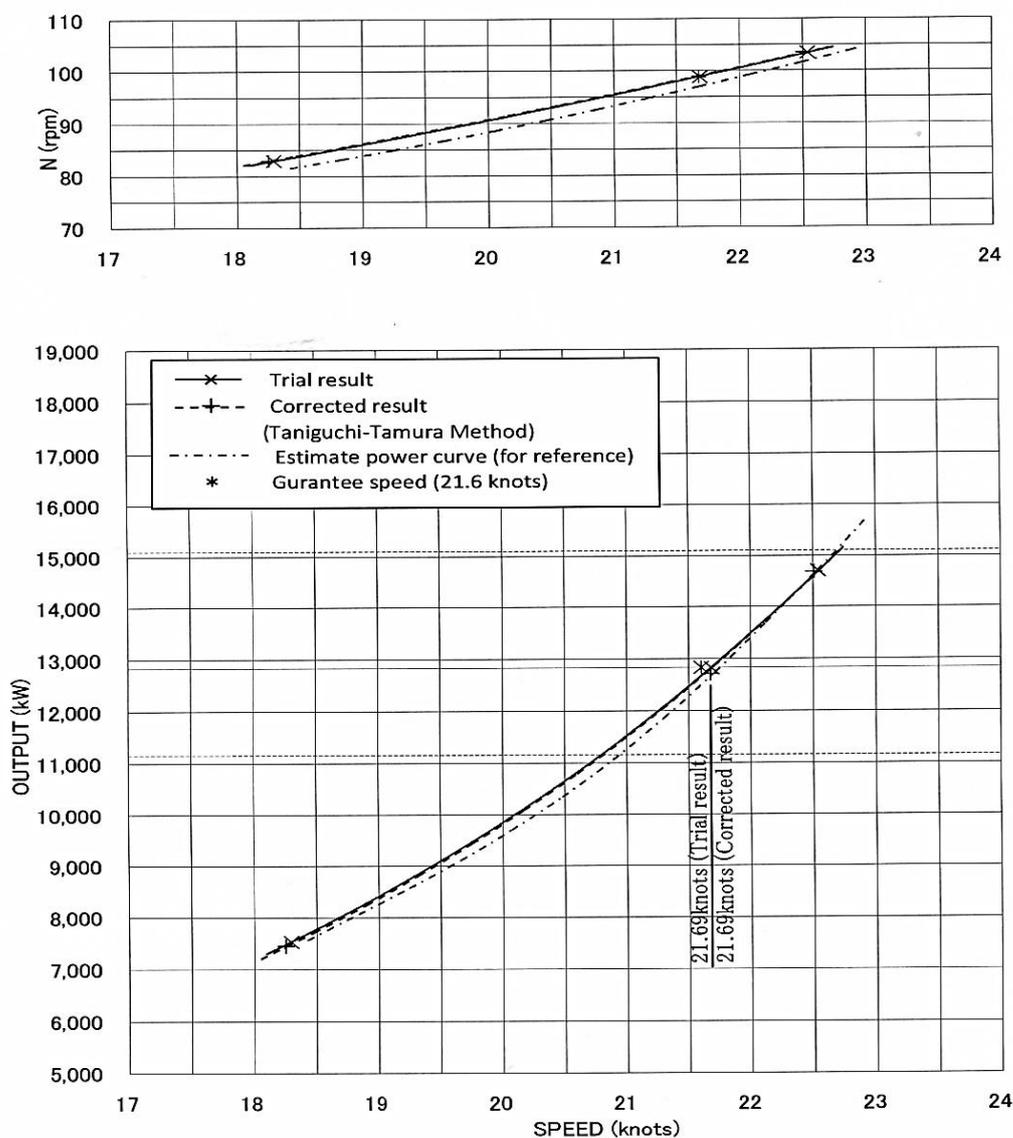


Рис. 2. Спецификационные характеристики судна

Для целей анализа существенных факторов, оказывающих влияние на операционную энергоэффективность морского судна, преобразуем формулу (1) используя понятие материального потока -  $M_{\text{п}}$  (тонн груза в сутки), получим следующее выражение:

$$EEOI = CF \times [(Q \times V) / (M_{\text{п}} \times T)], \quad (3)$$

где  $T$  – время рейса, сут.

### **Выводы**

Из (3) видно, что с увеличением дальности пробега и уменьшением скорости энергоэффективность морского судна возрастает. Натурные эксперименты показали, что одним только снижением скорости можно до 34 процентов поднять операционную энергоэффективность морского судна. Подобные решения обычно принимают при перевозке больших партий относительно недорогих массовых грузов (для балкеров и танкеров), или при росте цен на судовое бункерное топливо для контейнеровозов, с целью не выводить суда из эксплуатации. Дополнительными факторами, улучшающими операционную энергоэффективность морского судна в эксплуатации, могут служить оптимизация маршрута перехода и удеферентовка судна на отход.

### **Источники и литература**

1. Commodities&Development Report 2019, UNCTAD/DITC/COM/2019/3 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.un.org/publications> (дата обращения 04.06.2021).
2. Пандемия коронавируса спасет человеческие жизни [Электронный ресурс]. – URL: <https://news.rambler.ru/ecology/43869141> (дата обращения 19.03.2020).
3. Концентрации парниковых газов в атмосфере достигают очередного беспрецедентно высокого уровня [Электронный ресурс]. – URL: <https://meteoinfo.ru/novosti/99-pogoda-v-mire/16592> (дата обращения 03.12.2019).
4. Review of Maritime Transport 2020, UNCTAD/RMT/2020 [Электронный ресурс]. – URL: [un.org/publications](https://www.un.org/publications) (дата обращения 18.06.2021).

Поступила в редакцию 08 октября 2021 г.

# ОСВОЕНИЕ ШЕЛЬФА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И АРКТИКИ

УДК 628.196; 502.5(26):349.6

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РИСКА РАЗЛИВА НЕФТИ ИЛИ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА МОРСКОЙ АКВАТОРИИ

Алексеев Дмитрий Валерьевич  
Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского  
alexeevdmityy97@mail.ru

**Аннотация.** Рассматривается возможность теоретической и практической разработки метода количественной оценки риска разлива нефти или нефтепродуктов на морской акватории. На основе аналитической модели Я. Фудзии приведен пример расчета вероятности столкновения судов на определенных участках движения судов в зоне действия СУДС порта Находка. Описана необходимость и возможные решения по нахождению единых коэффициентов непосредственно для определения вероятности разлива нефти или нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** разливы нефти, вероятность разливов нефти, движение судов, столкновения.

## DEVELOPMENT OF A METHOD FOR QUANTITATIVE EVALUATION OF THE RISK OF OIL OR OIL PRODUCTS IN THE OFFSHORE

Alekseev Dmitry  
Marine State University named after Admiral G.I. Nevelskoy  
alexeevdmityy97@mail.ru

**Abstract:** The possibility of theoretical and practical development of a method for quantitative assessment of the risk of oil or oil products spill in the sea area is considered. On the basis of the analytical model of Y. Fujii, an example of calculating the probability of collision of vessels at certain sections of vessel traffic in the VTS coverage area of the port of Nakhodka is given. The necessity and possible solutions for finding uniform coefficients directly for determining the probability of an oil or oil product spill are described.

**Keywords:** oil spills, probability of oil spills, movement of ships, collisions.

Оригинальность 73,81 %,   
13.03.2022

В настоящее время решение вопросов обеспечения безопасности окружающей среды путем определения вероятности разливов нефти является принципиальным вопросом, определяющим перспективы развития необходимой системы мер по обеспечению надлежащего уровня экологической безопасности. Подтверждением сказанному является принятие в 1993 году Резолюции ИМО А.741(18) «Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения» (МКУБ) и придание кодексу обязательного применения включением его в качестве главы IX в МК СОЛАС. В разделе 1.2 Кодекса отмечается, что его цели состоят в обеспечении безопасности на море, предотвращении несчастных случаев или гибели людей и избежание причинения ущерба окружающей среде и имуществу.

Актуальность данной темы обусловлена потенциальной опасностью разливов нефти и нефтепродуктов с морских судов, в особенности танкерного флота, на окружающую среду и необходимостью минимизации рисков разливов нефти. Статистические данные, приведенные международной федерацией владельцев танкеров (ИТОПФ), свидетельствуют, что в 2020 году общий объем потерь нефти в окружающую среду составил около 1000 тонн. Такое же количество было зафиксировано в 2019 и 2012 годах, и это самый низкий показатель за последние пять десятилетий. За последние 50 лет тенденции, выявленные в отношении морских разливов нефти с танкеров, были исключительно позитивными, демонстрируя заметное движение вниз в течение десятилетий на фоне увеличения движения танкеров и увеличения торговли нефтью. Но с начала 2020 года случилось несколько крупных аварий судов, одним из ярких примеров которых явилась авария танкера «Wakashio», результатом которой стал разлив нефти объемом около 1000 тонн.

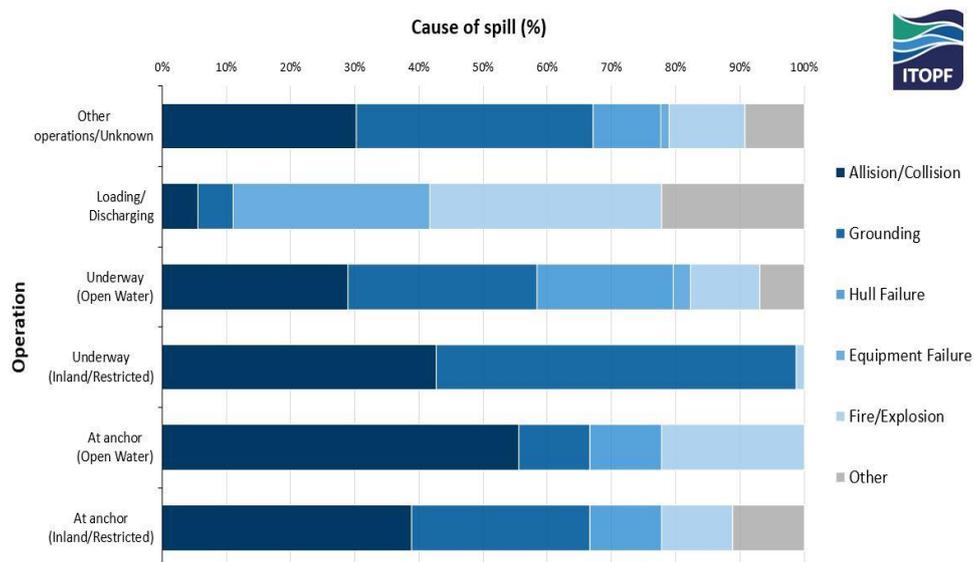


Рис. 1. Количество разливов >700 тонн в зависимости от операции на момент инцидента и основной причины разливы, 1970-2020 гг.

В период с 1970 по 2020 год 50 % крупных разливов произошло во время плавания судов в открытом море; 58 % этих разливов произошли в результате столкновений и посадок на мель. Эти же причины объясняют еще более высокий процент разливов (99 %), когда суда находились во внутренних или ограниченных водах.

Применение теории риска признано одним из перспективных направлений оценки воздействия на окружающую среду, поскольку в ряде случаев она позволяет существенно снизить проявления неопределенности и субъективизма при анализе эксплуатации определенных производственных объектов и водных путей. Однако в настоящее время не существует методов, способных количественно оценить вероятность разливов нефти. Задачей данной работы является теоретическое и практическое обоснование возможности количественно оценить вероятность разливов нефти или нефтепродуктов.

Анализ статистической информации показал, что основным источником разливов нефти в море являются суда, а главной причиной разливов нефти – аварии с судами. Поэтому первым шагом в разработке метода количественной оценки риска разливов нефти является применение определенной аналитической, статистической или имитационной модели для определения вероятности навигационных аварий.

В программе IWRAP (IALA Waterway Risk Assessment Program – Программа МАМС по оценке риска на водных путях) используется аналитическая модель оценки навигационных аварий, основанная на общем подходе, сформулированном Я. Фудзии еще в конце 1960-х годов. Суть этого метода заключается в том, что для расчета вероятности столкновения необходимо рассчитать количество потенциальных столкновений и посадок на мель, и полученное количество умножить на условную вероятность.

$$\lambda_{ст} = P_H \times N_{СЕ}. \quad (1)$$

Данная модель уже показала свою практическую значимость и поэтому в первом приближении будет считаться основной для определения вероятности навигационных аварий. В настоящее время программа IWRAP широко используется для количественной оценки риска столкновений и посадок на мель с целью оптимальной организации управления движением в местах оживленного судоходства.

В программе IWRAP столкновения разделяются на два типа:

- 1) Столкновения на одном водном пути, т.е. столкновения на попутных курсах (обгон) и встречных.
- 2) Столкновения на пересекающихся и сходящихся водных путях.

Расчет количества потенциальных столкновений в этих двух случаях принципиально разный, поскольку в первом случае это значение зависит от распределения судопотока по ширине водного пути (зависит от расстояния  $\mu$ ), а во втором – не зависит.

В данной работе используется модель для расчета вероятности навигационных аварий за исключением посадок на мель. Определение вероятности разливов нефти при посадке на мель будет рассмотрено в следующих работах.

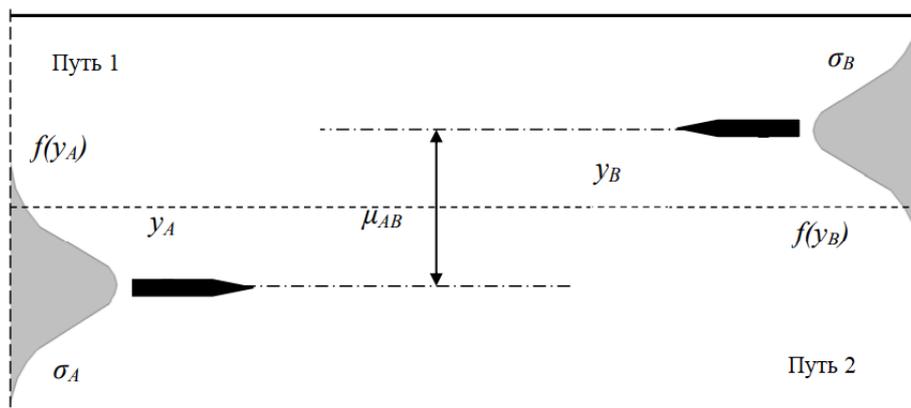


Рис. 2. Ситуация столкновения на встречных курсах

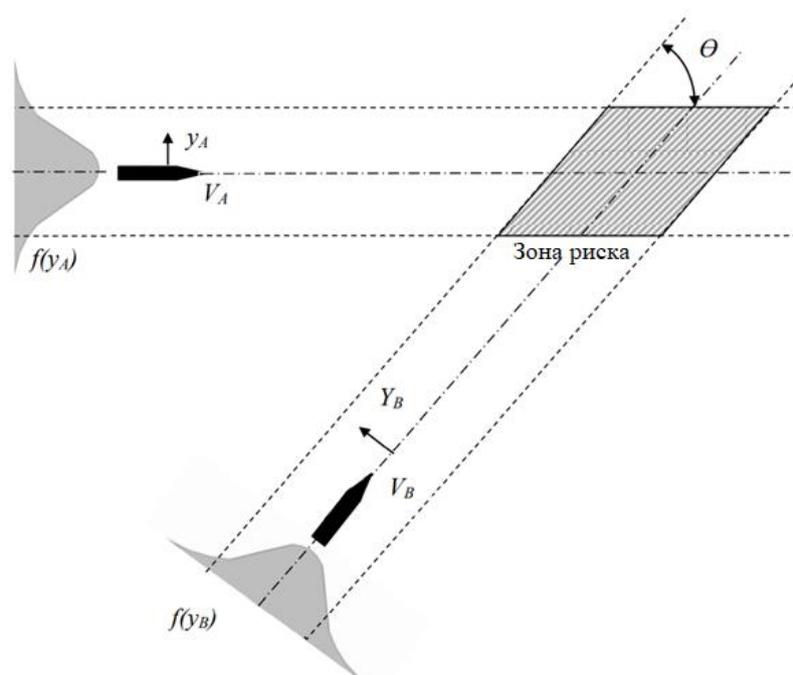


Рис. 3. Ситуация столкновения на пересекающихся курсах

В качестве примера проведем расчет количества потенциальных столкновений в порту Находка на участке встречного движения судов.

Первым делом необходимо определить интенсивность движения судов в выбранном районе. Стоит заметить, что в последнее десятилетие появилось много информационных сервисов, позволяющих выполнить всесторонние статистические исследования процессов движения судов в любом регионе Мирового Океана. Например, сайт <https://www.marinetraffic.com/ru/ais/home> позволяет получить информацию о всех судах, оборудованных АИС (название, координаты, скорость, курс и т.д.), а также записанные траектории их движения, что

позволяет легко выполнить анализ интенсивности и плотности в любом регионе Мирового Океана. Для примера на рисунке 4 показана плотность движения судов в порту Находка.

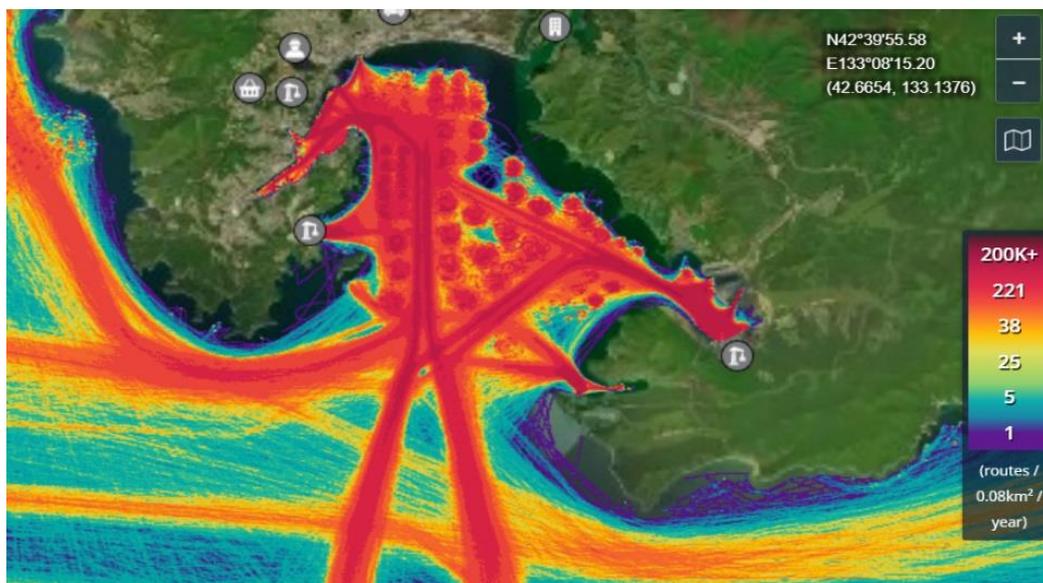


Рис. 4. Плотность движения судов в порту Находка

Для определения количества трафика также можно воспользоваться информационной системой государственного портового контроля <https://portcalltable.marinet.ru>, где приведена информация о количестве заходов и отходов судов в любом порте РФ за определенный интервал времени. Например, с 01.01.2020 по 31.12.2020 общее количество судозаходов в порт Находка и Находка-Нефтепорт составило 4091.

На примере интенсивности можно определить любую информацию, которая необходима для расчётов.

Таблица 1

Данные для расчета количества потенциальных столкновений при ситуации встречного движения в порту Находка

Длина участка ( $L_w$ )	8400 м
Количество судов в каждом направлении ( $Q$ )	4091
Длина судов	200 м
Ширина судов ( $B_A, B_B$ )	34 м
Скорость судов ( $V_A, V_B$ )	10 узлов
Распределение трафика	Нормальное
Среднее расстояние от линии разделения ( $\mu$ )	300 м
Стандартное отклонение ( $\sigma$ )	150 м

Расчеты с использованием специальных средств численного моделирования среды MATLAB показали, что количество потенциальных столкновений при ситуации встречного движения составит 4.2 в год.

Рассчитаем количество потенциальных столкновений на пересекающихся водных путях (Фарватер 1 и Фарватер 2) в районе буя №1 в акватории порта Находка.

Расчеты с использованием специальных средств численного моделирования среды MATLAB показали, что количество потенциальных столкновений на данном участке при условии пересечения курсов составит 53.1 в год.

Таблица 2

Данные для расчета количества потенциальных столкновений при ситуации пересечения курсов в порту Находка

Количество судов в направлении 1	4091
Количество судов в направлении 2	4091
Длина судов ( $L_A, L_B$ )	200 м
Ширина судов ( $B_A, B_B$ )	34 м
Скорость судов ( $V_A, V_B$ )	10 узлов
Угол между водными путями ( $\theta$ )	110°

Определение условной вероятности события  $P_H$  требует проведения специальных статистических исследований. В одной из своих работ Т. Мак-Дафф установил, что для ситуации столкновения на встречных курсах  $P_H = 5 \times 10^{-4}$ , а на пересекающихся курсах  $P_H = 1 \times 10^{-4}$ . Возьмем эти значения в первом приближении для определения частоты столкновений морских судов.

Для встречных курсов:  $\lambda_{ст} = 4.2 \cdot 5 \times 10^{-4} = 0.0021$

Для пересекающихся курсов:  $\lambda_{ст} = 53.1 \cdot 1 \times 10^{-4} = 0.00531$

Таким образом, вероятность столкновения судов А и В может быть получена, если частоту столкновений разделить на общее количество судов  $N_{AB}$ , т.е.

$$P_{ст} = \frac{\lambda_{ст}}{N_{AB}}, \quad (2)$$

Таким образом, вероятность столкновения при различных условиях движения составит:

для встречных курсов:  $P_{ст} = \frac{0.0021}{8182} = 2.57 \times 10^{-7}$

для пересекающихся курсов:  $P_{ст} = \frac{0.00531}{8182} = 6.49 \times 10^{-7}$

Очевидно, что не каждая навигационная авария приводит к разливу нефти. Поэтому следующим важным вопросом в проблеме прогнозирования разливов нефти является определение зависимости между вероятностью навигационной аварии и вероятностью разливов нефти. Данная проблема не поддается аналитическому описанию и ее решение возможно лишь на основе статистического подхода.

Анализ работы, выполненной в 1994 году канадскими учеными Т.К. Куоном и Дж. Е. Бушеллом, показал, что лишь 2,7 % из всех аварийных случаев с судами в водах Канады сопровождалась негрузовыми разливами нефти (разлиты нефтепродукты, используемые в качестве судового топлива), а в отношении грузовых разливов (разлита нефть или нефтепродукты, перевозимые танкерами или нефтеналивными баржами в виде груза) данный показатель составил 15 %.

Следовательно, на основе анализа этой информации можно получить соотношение следующего вида: «вероятность разлива нефти = «коэффициент» × «вероятность навигационной аварии» или

$$P_{\text{рн}} = k \times P_{\text{ст}}. \quad (3)$$

В рассмотренных случаях значение коэффициента  $k$  для негрузовых разливов равняется 0,027, а для грузовых – 0,15. Однако, эти коэффициенты нельзя использовать в конкретных случаях, поскольку они получены на основе информации, привязанной к конкретному географическому району.

Соответственно, для определения коэффициентов необходимо проводить анализ статистического материала по конкретному району плавания, что предоставит возможность определить вероятность разливов нефти или нефтепродуктов в данном районе.

Совмещение коэффициентов, полученных в результате анализа статистики и разумной аналитической модели для определения вероятности навигационных аварий позволит разработать количественный метод определения вероятности разливов нефти. В целях оптимизации метода предлагается несколько решений: провести анализ нескольких наиболее оживленных районов судоходства, попытаться выявить определенную закономерность в разливах нефти, и, если никакой закономерности не существует, усреднить полученные коэффициенты. Определение единых коэффициентов позволит применять количественный метод практически в любом районе судоходства.

Данная работа является отправной точкой для дальнейших исследований с целью разработки практически применимой модели количественной оценки риска разливов нефти. Эта модель позволит разработать необходимую систему мер по обеспечению экологической безопасности на участке морской акватории, решая вопрос распределения состава необходимых сил, средств и ресурсов при ситуации возможного разлива.

#### Источники и литература

1. Лентарев А. А. Основы теории управления движением судов: монография. – Владивосток, 2018. – 194 с.
2. Лентарев А. А., Монинец С. Ю. Проблемы прогнозирования риска разливов нефти на море. – Владивосток, 2006. – 122 с.
3. Quon T. K. S., Bushell G. E. Modelling navigational risk and oil spill probabilities // The Journal of Navigation. – 1994. – № 3 (47). – P. 390-403
4. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года. – Санкт-Петербург, 2017. – 992 с.
5. Официальный сайт международной федерации владельцев танкеров ИТОПФ [Электронный ресурс] // URL: <https://www.itopf.org/> Дата обращения 18 ноября 2021 г.
6. <https://www.iala-aism.org/wiki/iwrap/> Дата обращения 19 ноября 2021 г.
7. <https://www.marinetraffic.com/ru/ais/home/> Дата обращения 22 ноября 2021 г.
8. Информационная система государственного портового контроля [Электронный ресурс]. – URL: <https://portcalltable.marinet.ru/> Дата обращения 22 ноября 2021 г.

Поступила в редакцию 08 октября 2021 г.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СУДОХОДСТВА

УДК 656.611

## НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА И НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СУДОВОЖДЕНИИ

Ильченко Анна Андреевна  
Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского  
ilchenko@msun.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются актуальные аспекты теории автоматического управления курсом судна, которая в настоящее время занимает важное положение среди судовых автоматизированных систем. Судно является сложным и многомерным динамическим объектом управления с переменными параметрами, для работы с которыми целесообразно использовать интеллектуальные системы управления. Одними из передовых технологий, применяемых для проектирования таких систем, являются нейронные сети и системы, основанные на нечеткой логике.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, нечеткая логика, ПИД-регулятор, авторулевой.

## FUZZY LOGIC AND NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES IN NAVIGATION

Ilchenko Anna  
Marine State University named after Admiral G.I. Nevelskoy  
ilchenko@msun.ru

**Abstract.** This article discusses the current aspects of the theory of automatic ship course control, which currently occupies an important position among ship's automated systems. The ship is a complex and multidimensional dynamic control object with variable parameters, for which it is advisable to use intelligent control systems. Neural networks and systems based on fuzzy logic are the most advanced technologies used to design such systems.

**Keywords:** neural network, fuzzy logic, PID control, Heading Control System.

Оригинальность 11,84 %,   
13.03.2022

Быстрое развитие недорогих, обладающих высокой производительностью компьютеров и успехи компьютерных технологий вылились в так называемую «Теорию интеллектуального управления» (в других источниках - «Теорию синер-

гетического управления»)), в которой алгоритмы управления строятся путем моделирования определенных характеристик интеллектуальных биологических систем, таких как обучаемость, адаптация, самоорганизация.

Как известно, изучением процессов самоорганизации, возникновения, поддержания, устойчивости и распада структур самой различной природы и возможности переноса закономерностей этих процессов на искусственно создаваемые системы занимается развиваемая в настоящее время одна из новых наук – синергетика. Подход к решению задач управления, с точки зрения этой науки, заключается в стремлении наиболее полного учета естественных свойств объекта для достижения поставленной цели минимальными управляющими воздействиями.

Самоорганизующиеся системы обретают присущие им структуры или функции без какого бы то ни было вмешательства извне. Эти системы обладают способностью переходить из установившегося состояния в хорошо упорядоченное эволюционное состояние или в нескольких возможных состояний. Они способны также сохранять внутреннюю устойчивость при воздействии внешней среды, находить способы самосохранения, чтобы не разрушаться и даже улучшать свою структуру.

В рамках синергетической теории развиваются системы на нечеткой логике и с нейронным управлением. Для первых характерно реализуемое средствами нечеткой логики эвристическое построение стратегий управления с использованием экспертных знаний. Основой вторых систем служит искусственная нейронная сеть, которая способна обучаться и выбирать в различных условиях эксплуатации значения своих параметров, при которых она наилучшим образом справляется с поставленной задачей. Достоинством обоих видов систем является ненужность для получения решения задачи точного описания динамики объекта управления. Но отсюда следует и их общий недостаток - невозможность аналитического исследования качества работы.

По сравнению с традиционными системами автоматизированного управления главные преимущества систем, базирующихся на нечеткой логике, состоят в возможности:

- более полного учета неточностей и неопределенностей, присущих реальной системе, путем подбора подходящих лингвистических переменных и использования правил логического вывода, учитывающих опыт решения задачи управления человеком и знания экспертов об объекте управления, выраженные на естественном языке;
- повышения быстродействия процессов управления;
- решения задач управления, трудно формализуемых методами традиционной математики;
- адаптации системы при использовании в ней классического пропорционально-интегрально-дифференциального (далее - ПИД) алгоритма;
- повышения эффективности фильтрации случайных возмущений при обработке информации (при определенных условиях схема с нечеткой логикой является универсальным аппроксиматором, способным в компактной форме представить любую непрерывную функцию);
- снижения вероятности ошибочных решений.

В настоящее время уже применяются на судах гражданского флота серийно выпускаемые высокоэффективные управляющие курсом системы, основанные на нечеткой логике. Из них можно назвать авторулевые Navipilot AD II (Sperry Marine), NAVpilot 500 (Furuno).

Нейронные сети имеют также множество достоинств:

- параллельный механизм обработки данных,
- способность прогнозировать изменения входной информации,
- сохранение работоспособности при частичном выходе из строя элементов и связей,
- самообучаемость, гибкость, ассоциативность, абсолютная и быстрая сходимость к одному из устойчивых состояний под действием входного сигнала, попадающего в область притяжения этого состояния.

Недостаток нейронных сетей заключается в том, что они не являются универсальными.

Программа, реализуемая конкретной нейронной сетью, определена её строением. Чтобы перепрограммировать систему на решение новой задачи, необходимо фактически заново создать её внутреннюю архитектуру. Однако подобное сужение специализации нейронных сетей компенсируется их способностью к обучению, основному их преимуществу. При соответствующем обучении сеть приобретает способность выполнять практически любые преобразования данных, даже в том случае, если они не могут быть описаны определенной функциональной зависимостью. Для воспроизведения тех или других особенностей нейронных сетей создаются их модели с заданным набором свойств.

Целесообразность использования в качестве авторулевых регуляторов на основе нечёткой логики и теории искусственных нейронных сетей определяется рядом преимуществ перед классическими регуляторами, к которым относятся пропорционально-дифференциальные и ПИД регуляторы<sup>1</sup>:

- способностью реализовывать распределенные схемы выполнения вычислений, что позволяет управлять многомерными процессами и системами без значительного увеличения времени необходимых вычислений;
- возможностью описания процессов управления средствами простого, близкого к естественному, языка;
- возможностью неаналитического представления нелинейных объектов управления и описания процессов, характеризующихся неоднозначностью и большим количеством самых разных возмущающих воздействий;
- способностью самонастройки параметров регулятора до оптимальных значений, что позволяет устранить необходимость ручной корректировки параметров регулятора при изменении режима работы объекта;
- робастностью системы, т.е. когда обеспечивается ее асимптотическая устойчивость в допустимом диапазоне параметрических возмущений;

---

<sup>1</sup> Устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования), второе — интегралу сигнала рассогласования, третье — производной сигнала рассогласования.

- возможностью практической реализации на современной элементной базе;
- возможностью интегрировать частные данные для определения закономерностей процесса управления.

Судно является сложным, многомерным, многосвязным, существенно нелинейным динамическим объектом управления с переменными параметрами, для работы с которыми целесообразным представляется использование интеллектуальных систем управления.

На управляемость судна также влияет ряд различных факторов.

### **1. Загрузка судна**

При различной загрузке судна меняются масса и подводная часть корпуса, что сказывается на управляемости. В общем случае в балласте и в грузу суда обладают разной устойчивостью на курсе. При уменьшении осадки чаще всего устойчивость судна на курсе снижается. При наличии крена судно уходит в сторону возвышенного борта, и его поворотливость становится неодинаковой.

### **2. Снижение скорости судна**

При уменьшении скорости судна управляемость ухудшается, т.к. боковая сила руля, пропорциональная квадрату скорости набегающего на него потока, становится меньше. Ухудшение управляемости судна с уменьшением скорости хода выражается в снижении способности противодействовать возмущениям среды: ветру, волнению, переменному течению. Обрастание подводной части корпуса способствует снижению скорости, увеличению нагрузки на двигатели, росту расхода топлива и т.д.

Снижение скорости при движении в мелководье связано с тем, что возрастает буксировочное сопротивление судна. Явления, сопровождающие движение судна по каналу, во многих отношениях аналогичны процессам движения на мелководье, однако они ещё сложнее и имеют большую инерционность.

### **3. Возмущение среды**

Судоводителям приходится сталкиваться с различными видами течений: ветровыми, приливными, речными и др. Течения вызывают как смещение судна, так и его разворот.

Действующая на судно сила ветра зависит от многочисленных факторов: скорости ветра, направления ветра, размеров судна и т.д. Суда различных типов по-разному реагируют на действие ветра: одни суда уваливаются по ветру, когда руль находится в диаметральной плоскости судна, другие - приводятся к ветру, т.е. разворачиваются носом на ветер. Для удержания приводящегося к ветру судна на прямом курсе среднее положению руля смещается на определённый угол подветренного борта. При малых скоростях даже максимальным смещением руля невозможно обеспечить движение прямым курсом, и в этом случае судно теряет управляемость. На малых скоростях несколько ускоряется реакция судна на перекладки руля.

Действие волн также существенно отражается на управляемости судна: теряется скорость, возрастает рыскание, ухудшается режим работы гребного винта и руля, возникает снос судна в направлении бега волн и т.д.

Решение этих, и не только, задач целесообразно делегировать нейронным сетям и системам, основанным на нечеткой логике.

Низкие маневренные качества судов и недостаточное знание судоводителями свойств судна как объекта управления являются причинами дополнительных экономических расходов и морских аварий. Необходимость передачи утомительного и чреватого субъективными ошибками ручного процесса управления судном привела к развитию теории автоматического управления курса судном, которая в настоящее время занимает важное положение среди судовых автоматизированных систем.

При решении задач нейроуправления вместо классического автоматического регулятора в общем случае будет находиться нейроконтроллер, вырабатывающий сигналы управления на сервоприводы<sup>2</sup>. На вход нейроконтроллера подается набор контролируемых параметров управляемого объекта (X), а на выходе получаем код, определяющий управляющее воздействие, соответствующее текущим значениям контролируемых параметров (Y). При этом также представляется возможность реализовывать концепцию ПИД-регулятора с автоматической подстройкой параметров, в этом случае нейронная сеть выступает в роли «эксперта», анализирует реальные значения выходных параметров X, а также действующих возмущений F, рассчитывает оптимальные значения параметров ПИД-регулятора, с выхода которого получаем требуемое корректирующее воздействие на динамический объект.

Условия внешней среды (возмущения), в которых приходится решать задачи судовождения, весьма разнообразны: штормовые условия, ограниченная видимость, ледовая обстановка, мелководье, приливные явления, стесненные условия, наличие других судов и т.д. Получается, задача управления судном связана с учетом большого числа факторов, что в общем случае является достаточно сложной задачей, которая на данный момент не может быть надежно решена с помощью средств автоматики без участия человека-оператора. В этой связи качество управления во многом зависит от компетенции и навыков судоводителей. Разрабатываемые нейросетевые регуляторы как раз и «претендуют» на роль экспертных судоводителей.

### Источники и литература

1. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна [Электронный ресурс]. – URL: [http://nav-eks.org.ua/CACYDC-na-site/Ychebnik-CACYDC\\_11.pdf](http://nav-eks.org.ua/CACYDC-na-site/Ychebник-CACYDC_11.pdf)
2. Дерябин В.В. Обзор исследований, посвящённых использованию нейросетевых технологий в судовождении [Электронный ресурс]. – URL: <https://journal.gumrf.ru/article/34/29-43>
3. Седова Н.А., Интеллектуальная система автоматического управления судном по курсу, [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dissercat.com/content/intellektualnaya-sistema-avtomaticheskogo-upravleniya-sudnom-po-kursu>

Поступила в редакцию 08 октября 2021 г.

---

<sup>2</sup> Любой тип механического устройства, имеющий в составе датчик (положения, скорости, усилия и т. п.) и блок управления приводом (электронную схему или механическую систему тяг), автоматически поддерживающий необходимые параметры на датчике (и, соответственно, на устройстве) согласно заданному внешнему значению (положению ручки управления или численному значению от других систем).

# ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 656.61.08

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТА ВНУТРИ МОРСКОГО СУДНА

Акмайкин Никита Денисович  
Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского  
akmaykin.jr@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность создания системы обнаружения аварийной ситуации на борту судна, и возможность обнаружения и передачи информации об этой аварии для принятия соответствующих мер. Рассматриваются существующие в настоящее время системы передачи информации на малые расстояния. Проводится анализ возможности использования представленных систем на борту морских судов. Представлены выводы по предпочтительности системы для рассматриваемой задачи.

**Ключевые слова:** диапазон, система связи, позиционирование, передатчик.

## ANALYSIS POSSIBILITY TO DETECT POSITION OF THE OBJECT INSIDE THE SHIP

Akmaykin Nikita  
Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy  
akmaykin.jr@gmail.com

**Abstract:** The article discusses the possibility of creating a system for detecting an emergency on board the vessel, and the possibility of detecting and transmitting information about this accident for taking appropriate measures. The presently existing systems of information transmission over short distances are considered. The analysis of the possibility of using the presented systems on board ships is carried out. Conclusions on the preference of the system for the considered problem are presented.

**Keywords:** range, communication system, positioning, transmitter.

Оригинальность 33,18 %,   
13.03.2022

Водный транспорт является средством передвижения и доставки грузов повышенной опасности. Одни из самых ужасных катастроф произошли именно на нем. Ежегодно на водном транспорте происходит множество аварий

различного характера: пожары, посадки на мель, столкновения, потеря устойчивости, выход из строя оборудования и прочее. Все это влечет за собой гибель судна, груза, пассажиров и членов экипажа. Однако возможность уменьшения масштаба последствий есть, а порой и вовсе удается избежать угрозы. Благодаря развитию современных технологий в области охраны жизнедеятельности, аварийность на водном транспорте значительно снижена. Тем не менее, опасность возникновения происшествия не пропадает, поэтому исследования и разработки новых способов, а так же средств защиты, охраны, предупреждения и спасения продолжают. Поскольку аварии, в большинстве случаев происходят далеко от берега, неожиданно, имеют стремительный характер развития и сопутствующие неблагоприятные факторы, например, значительное накренение судна, отключение освещения, задымление. Крайне важно в кратчайший срок получить информацию об аварии, ее типе и статусе, но это практически невозможно без представления о том, в какой части судна она произошла. Поставленная задача может быть частично решена при помощи систем позиционирования и идентификации.

Системы позиционирования в наши дни используются в различных сферах жизнедеятельности, начиная от спутниковой навигации лазерной фиксации положения пациента на медицинском аппарате и вплоть до камер смартфонов с использованием технологий AR. Они позволяют дистанционно определять местоположения с заданной точностью. В основе всех систем определения места лежит передача электромагнитной волны между приемником и передатчиком, таким образом, система отсчета, в которой передатчик является началом, а приемник в свою очередь, обработав принятый сигнал, может получить данные о своем положении относительно начала отсчета. Точность позиционирования значительно возрастает при обработке нескольких сигналов полученных приемником от разных передатчиков. Получив свое место приемник способен передать аналогичным образом информацию на координатный пункт, собирающий, анализирующий и позволяющий оперировать данными собранными со всего судна. Существует множество технологий, применяемых для определения места со своими сильными и слабыми сторонами. Их классифицируют по зоне охвата: глобальные, большого района и малого радиуса; а также по принципу обработки сигнала, т.е. способу позиционирования: методом ближайшей ячейки, ангуляции, измерения времени прибытия сигнала и разницы времен прохождения сигнала от нескольких передатчиков, методом измерения силы сигнала. Однако, далеко не все из них подойдут для работы на судне, ввиду того, что судно представляет собой замкнутую металлическую конструкцию, препятствующую прохождению радио волн. Таким образом, система судового позиционирования должна состоять только из элементов развернутых в пределах судовых помещений. Другими словами, радиосигнал может быть передан тогда, когда приемник и передатчик находятся в одном помещении. Из этого следует, что применение систем позиционирования дальнего действия не имеет смысла, для ориентации внутри помещений достаточно систем 30 – 50 метрового диапазона передачи сигнала.

Для исследования применимости системы позиционирования было взято несколько технологий, позволяющих определять место в пределах от 15 до ста метров на открытом пространстве. Были рассмотрены следующие системы

технологии: ZigBee, WiFi, Bluetooth, UWB, NanoLock, NFER и RFID. Собрав данные и проанализировав их удалось составить сжатое описание параметров названных технологий, ниже последует их перечень.

### **1) Bluetooth**

Это очень распространенная технология, ее можно найти в любом смартфоне или ноутбуке, знакомая низкой ценой оборудования и подверженная значительному влиянию препятствий на распространение сигнала. Сигнал модулирован скачкообразной перестройкой частоты, это обеспечивает защиту от широкополосных помех. Применяет метод измерения мощности принятого сигнала для определения позиции. Максимальное количество устройств в сети 71.

### **2) UWB**

Ultra Wideband (*UWB*) – это ультра широкополосная технология, которая использует короткие импульсы с максимально широкой полосой пропускания и максимально узкой центральной частотой (до нескольких гигагерц). Импульсы по форме могут быть различными (редкие, но мощные, либо короткие, маломощные и очень частые), как и их обработка (когерентная - последовательная, не когерентная), в зависимости от требуемого характера сигнала. Сигнал использует модуляцию OFDM, либо CSS - спектральная плотность мощности. Главное преимущество технологии заключается в ее устойчивости к лучевому затуханию. Для определения места может быть использован один из следующих методов: измерение времени прохождения сигнала или разницы времени прохождения сигнала, а так же ангуляция. Скорость передачи зависит от удаленности источника сигнала.

### **3) Wi-Fi**

Это широко распространенная и довольно доступная технология для построения подключения не только к беспроводной локальной сети, но и к сети интернет. Точка доступа может фактически объединять множество одновременно принимающих информацию, теоретический заявленный предел составляет 255 подключенных устройств. Данная технология не подходит для судов, использующихся для перевозки большого количества груза, такие как контейнеровозы, Ро-Ро и так далее.

### **4) ZigBee**

Эта технология изобретена для маломощных беспроводных сетей, особенностью которых является низкая цена и малое энергопотребления, и как следствие низкая скорость передачи информации. Технология отличается закрытостью протокола взаимодействия. Система состоит из трех элементов: координаторов, маршрутизаторов и конечных устройств. Маршрутизаторы работают в непрерывном режиме, на каждый приходится до 32 спящих устройств, всего к одной базовой станции может быть привязано 240 устройств. Так как в одной сети может быть задействовано большое количество базовых станций, эта система практически не ограничена в количестве конечных устройств. Данная система может быть использована в обход металлических конструкций и переборок, из-за независимого подключения к каждому устройству.

## **5) NanoLoc**

Первоначально технология была создана для сбора информации со всякого рода датчиков. Одной из особенностей является открытость универсального протокола взаимодействия с внешними системами. Благодаря применению модуляции CSS приемопередатчики обладают очень высокой чувствительностью и стойкостью к внешним электромагнитным помехам. Методом определения является двухступенчатое измерение расстояний, это модификация измерения времени прохождения сигнала.

## **6) Радиометки RFID**

RFID (*radio frequency identification*) – это метод позиционирования на основе меток и считывателей. Данная технология не подразумевает использование радиосигнала для целей отличия от идентификации и локации объекта, в отличие от рассмотренных выше технологий. Метки могут быть трех видов: пассивные, полупассивные и активные. Пассивные метки не имеют собственного источника питания для передачи сигнала, поэтому они только отвечают на полученный сигнал с помощью полученной мощности внешнего сигнала, в виду этого сигнал имеет малую мощность и передается на расстояние до 1 метра. Полупассивные метки имеют собственный источник питания, но не могут инициировать связь самостоятельно. Активные метки самостоятельно осуществляют передачу сигнала, на расстояние до 50 метров в прямой видимости. Технология использует метод определения места путем измерения силы сигнала. Система позволяет считывать до 200 меток в секунду.

## **7) Позиционирование NFER**

NFER (*near field electronic ranging*) – это система позиционирования использующая принципиально отличающийся метод определения расстояния. Поэтому система не может быть использована для передачи дополнительной информации. Оно рассчитывается путем вычисления сдвига фазы между электрической и магнитной компонентой радиосигнала. Низкочастотные волны огибают препятствия не отражаясь. При этом оптимальная дистанция, для определения местоположения с точностью до 30 см, лежит в пределах половины длины волны. Недостатком технологии является низкая эффективность и несогласованность антенны, что требует увеличение мощности и, как следствие, габаритов передатчика.

Краткий перечень технических параметров приведен в таблице 1

Таблица 1. Технические параметры систем связи

Название технологии	Точность, м	Дистанция, м	Частотный диапазон, МГц	Модуляция	Потребление тока. Работа мА/ ожидание мкА	Мощность передатчика, мВт
WiFi	3-5	50 (100)	2400-2483; 5180-5240; 5745-5825	DSSS, OFDM	450 / 300 / 100-200	30-100
NFER	0,5	20-30 метров		NFER		
UWB	0,1	10 метров	2850-10000	CSS	40 / 40	0,1-1
ZigBee	10-20 (75)	100-1000 (200)	2400-2483 (,5); 433; 868- 868,6; 902- 928;	DSSS	70 / 20	1-3 (100)
NanoLOC	1-3	50-100 метров	2400	CSS	30 / 1,2	33
Bluetooth		1-100	2400-2483 (5)	FHSS	30 / 1	1-100
Пассивные RFID		менее 1	434 / 868	FHSS	30 / 1	
Активные RFID	1-3	20-100				

Исходя из полученной таблицы, можно видеть, что каждая система имеет свои сильные и слабые стороны, выбор той или иной системы зависит от поставленной цели и опирается на особенности места применения.

Система передачи сигнала является неотъемлемой частью системы для определения и передачи данных как внутри судна, так и за его пределы. Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что для передачи данных на судах более всего подходит технология ZigBee. Эта технология совмещает в себе множество положительных аспектов других систем, а из-за своей ячеистой структуры является наиболее подходящей для такого типа транспорта как морское судно, имеющее множество переборок и препятствий для передачи радиосигнала.

### **Источники и литература**

1. <https://www.bluetooth.com>
2. <https://www.uwb.edu/>
3. <https://www.wi-fi.org/>
4. <https://zigbeealliance.org/>
5. <https://nanotron.com/>
6. <https://www.rfidinc.com/>
7. Theory and practice of near-field electromagnetic ranging - Hans G. Schantz Conference: 2012 Joint Navigation Conference (JNC 2012)At: Colorado Springs, CO

Поступила в редакцию 08 октября 2021 г.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВНЕШНИХ НАКОПИТЕЛЕЙ ДАННЫХ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Верещагина Елена Александровна, Кислов Максим Викторович  
Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского  
seliostr@gmail.com

**Аннотация:** Проблема безопасности при использовании внешних накопителей на предприятиях всегда была актуальна. Поэтому в данном докладе будут рассмотрены основные проблемы обеспечения информационной безопасности при использовании накопителей данных на предприятии.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, накопители данных, защита от утечек.

## INFORMATION SECURITY OF EXTERNAL DATA STORAGE DEVICES FOR COMPANIES

Vereshagina Elena, Kislov Maksim  
Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy  
seliostr@gmail.com

**Abstract.** The problem of security when using external drives in enterprises has always been relevant. Therefore, this report will consider the main problems of ensuring information security when using data storage devices in an enterprise.

**Keywords:** information security, data storage, data leak prevention.

Оригинальность 94,48 %,   
13.03.2022

У каждого человека так ли иначе есть свой личный внешний накопитель данных (внешний жёсткий диск, смартфон и т. д.). В большинстве случаев, безопасность таких накопителей определяется степенью осведомлённости пользователя в сфере информационных технологий. Далеко не все пользователи ставят современное антивирусное программное обеспечение для защиты своих данных. Это в основном связано с тем, что такие системы сильно замедляют работу персонального компьютера пользователя. Что же касается самих накопителей, они, скорее всего, куплены в ближайшем магазине цифровой техники. Так что степень безопасности данных, записанных на такой накопитель, крайне низкая.

Такой вариант для предприятий не подходит. Им необходима надёжная система безопасности, сделанная в соответствии с требованиями ФСТЭК России.

У компаний есть выбор: либо самим сделать такую систему, либо купить уже готовую и внедрить. У каждого случая свои преимущества и недостатки.

В первом случае компании необходимо найти специалистов высокого уровня в области информационной безопасности. Также, для создания такой системы понадобится время и большое количество денег. Однако такие системы будут иметь высокий уровень защиты, поскольку они сделаны в единственном экземпляре и только специалисты компании знают, как всё устроено.

С готовыми системами защиты ситуация другая. С одной стороны специалистов по ним больше, следовательно, компаниям проще найти себе сотрудника. С другой стороны, уровень знаний таких специалистов сильно разный. Из этого следует, что в разных компаниях может стоять одно и то же ПО, но степень защиты может кардинально отличаться.

Теперь рассмотрим, какие проблемы с безопасностью при использовании внешних накопителей есть при описанных выше вариантах.

Случаи, когда у фирмы есть возможность нанять высококвалифицированных сотрудников для создания собственной безопасности, крайне редки. Однако именно в таких системах можно обеспечить максимальную защиту информации любого рода. Все такие системы обязаны пройти сертификацию ФСТЭК. Следовательно, они обязаны использовать только лицензионное программное обеспечение, соответствующее стандартам. То же касается и внешних накопителей. Все действия, связанные с переносом важной информации (персональных данных, данных, являющихся коммерческой тайной и т. д.) должны быть согласованы с руководством компании и начальником по безопасности. Все внешние накопители должны иметь необходимый уровень защиты. Также для всех сотрудников должны устраиваться семинары по мерам обеспечения информационной безопасности предприятия. В таком случае можно достичь максимально возможного уровня защиты.

В случае, если у компании установлено готовое решение, то всё зависит от квалификации сотрудников, отвечающих за поддержание этой системы. Именно в таком случае проблем значительно больше. Так как в лучшем случае у компании имеется антивирусное программное обеспечение. Если его правильно настроили, и оно своевременно обновляется, то проблем с вредоносным программным обеспечением быть не должно. Однако, защиты от непосредственного копирования информации на внешний носитель, как правило, нет. Это означает, что большинство небольших компаний, имеющих свои базы данных (клиенты стоматологических клиник, парикмахерских и т. д.) никак не защищают их от копирования и последующей продажи персональных данных.

Для примера возьмём систему МГУ им. адм. Г. И. Невельского. В нашем ВУЗе стоит программное обеспечение фирмы «Лаборатория Касперского». Настроено оно так, чтобы работать в режиме реального времени, что гарантирует хорошую защиту. Однако защиты от копирования файлов, содержащих персональные данные, нет. В почти любой компьютер университета можно вставить любой внешний накопитель и скопировать необходимую информацию. Однако, в нашем ВУЗе есть штат достаточно квалифицированных специалистов, которые

смогут отследить подобные действия. Таким образом, у МГУ им. адм. Г. И. Невельского есть весьма неплохая система защиты данных.

К сожалению, далеко не у всех фирм есть средства на специалистов в области информационной безопасности. Поэтому, большинство компаний поступает следующим образом: привлекает специалиста по договору ГПХ на установку системы защиты данных. После чего может быть заключён другой договор на обслуживание этой системы. Таким образом, компания потратит меньше средств и получит рабочую систему. Однако степень защищённости данных целиком и полностью зависит от уровня приглашённого специалиста. Естественно, на первом месте в таких системах защита от вредоносного программного обеспечения. А вот над системой защиты важных данных от копирования зачастую никто не думает. Например, у компании есть база данных клиентов с их номерами телефонов, адресами и паспортными данными. Если есть возможность без проблем скопировать эту базу данных на внешний накопитель, то потом её можно продать. К сожалению, на данный момент подобная проблема не решена.

Из этого можно сделать вывод, что необходимо разработать такую информационную систему безопасности, которая была бы не дорогой и в тоже время обеспечивала достаточный уровень безопасности персональных данных, а для её установки не требовался бы специалист высокого класса.

#### **Источники и литература**

1. Осепов Б., Мессерле А. Атака клонов. Ломаем защиту от подключения USB-флэшек [Электронный ресурс]. – URL: <https://xakep.ru/2021/06/23/usb-clones/>
2. Шабанов И. Обзор сертифицированных средств защиты информации от несанкционированного доступа. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.anti-malware.ru/analytics/Market\\_Analysis/certified-unauthorized-access-security](https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/certified-unauthorized-access-security)
3. ФСТЕК России. [Электронный ресурс]. – URL: <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy>

Поступила в редакцию 08 октября 2021 г.

# СУДОВОЖДЕНИЕ НА МОРСКИХ ПУТЯХ

УДК 656.611

## ТРАЕКТОРИЯ ДВИЖЕНИЯ СУДНА НА НЕУСТАНОВИВШЕЙСЯ ЦИРКУЛЯЦИИ

Казарезов Анатолий Яковлевич<sup>1</sup>, Огай Сергей Алексеевич<sup>2</sup>,  
Войлошников Михаил Владиленович<sup>2</sup>, Огай Алексей Сергеевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный университет кораблестроения им. адм. С.О. Макарова

<sup>2</sup>Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского  
ogay\_a@msun.ru

**Аннотация.** Рассматриваются закономерности изменения скорости судна при неустановившейся циркуляции и влияние изменения скорости на траекторию движения. Произведено количественное сравнение найденных параметров траектории перемещения центра тяжести в режиме циркуляции судна при различных формах зависимости снижения скорости хода. Обоснован выбор формы зависимости скорости хода от параметров эволюционного движения судна на циркуляции. Для построения сравниваемых вариантов траектории перемещения центра тяжести используются методы и формулы, разработанные А.М. Басиным, Г.А. Фирсовым, Р.Я. Першицем, Г.Е. Павленко, К.К. Федяевским, известные рекомендации по нахождению изменения скорости судна с учетом угла дрейфа на циркуляции, а также авторская формула. Количественные результаты сопоставления графических построений траектории перемещения центра тяжести в режиме неустановившейся циркуляции движущегося судна позволяют объединить зависимости скорости хода судна на циркуляции в группы, дающие сходные результаты, а также определить предпочтения относительно целесообразности использования формул из этих групп для построения траектории движения судна на неустановившейся циркуляции и оценить пригодность предложенной авторами формулы для нахождения снижения скорости хода судна на неустановившейся циркуляции для построения расчетной схемы маневра «зигзаг». Результаты определения характеристик движения судна при маневрировании предназначены для использования при проектировании судна и средств управления.

**Ключевые слова:** судовождение, управляемость судна, средства управления, траектория движения, неустановившаяся циркуляция, радиус циркуляции, относительная скорость, относительный радиус, скорость судна, угол дрейфа, уравнение траектории, эволюционный период циркуляции.

## THE SHIP IN THE UNSTEADY CIRCULATION TRAJECTORY

Kazarezov Anatoly<sup>1</sup>, Ogai Sergei<sup>2</sup>,  
Voyloshnikov Michael<sup>2</sup>, Ogai Alexey<sup>2</sup>

**Abstract.** The regularities of the speed change of ship in the unsteady circulation and the effect of the speed change on the trajectory of moving are considered. The data comparison done of the parameters found of the gravity center trajectory in the circulation mode of the ship with various forms of dependence of speed decrease. The choice of the dependence formula of speed on the parameters of the evolutionary moving of ship in circulation is considered. To create the compared versions of the gravity center trajectory the methods and formulas are used, worked out by the A.M. Basin, G.A. Firsov, R.Ya. Pershits, G.E. Pavlenko, K.K. Fediaevsky, the known recommendations are used for finding of ship velocity decrease in the dependence on the drift angle in the circulation, as well as the author's formula is used. The data results of comparing of the graph of gravity center moving trajectory in the unsteady circulation of the ship allow one to combine in the dependences of the ship velocity in circulation to groups that give similar results, as well as to determine the preferences corresponding the appropriateness of formulas use of these groups to determine the trajectory of the ship moving in the unsteady circulation and to evaluate the relevance of the formula offered by the authors for finding the ship velocity decrease in the unsteady circulation to assume the calculation algorithm for «zigzag» maneuver. The results of determining the characteristics of the ship moving in the maneuvering are intended for use in the design of the ship and its controls gears.

**Key words:** navigation, ship controllability, controls gears, trajectory of moving, unsteady circulation, radius of circulation, relative speed, relative radius, ship speed, drift angle, trajectory equation, evolutionary period of circulation.

Оригинальность 96,68 %, 13.03.2022

### Введение

По данным Ространснадзора на морском и внутреннем водном транспорте навалы и столкновения судов в 2017 г. составляют 48,8% от общего числа аварий, посадки на мель 25,8% [2]. Аварийность судов вызвана рядом факторов, из них среди основных выделяют следующие: отказ движительно-рулевого комплекса – 37,4%, недостаточная квалификация экипажа – 22,9% и ошибки в судовождении – 20,0% ... [1].

Аварии судов при столкновениях и навалах могут быть связаны с их неудовлетворительной управляемостью и маневренностью. Требования, предписываемые классификационными обществами, регламентирующие маневренные характеристики, нужно учитывать на стадии проектирования судна при оценке его управляемости. Расчет траектории движения судна при выполнении маневров дает возможность определить характеристики циркуляции: диаметр, выбег,

смещение и скорость хода, что требуется при проектировании рулевого устройства и для оценки маневренных характеристик судна.

Методика расчета траектории движения судна при совершении различных маневров на эволюционном этапе циркуляции служит базой для построения расчетных схем, которые позволяют находить траектории движения одновременно нескольких судов в стесненных условиях и представлять их в режиме реального времени.

Движение судна на тихой воде в условиях отсутствия ветра и течения можно описать системой трех дифференциальных уравнений проекций сил и моментов на горизонтальную плоскость [3, стр. 320–323]. Система дифференциальных уравнений движения судна, будучи нелинейной, представляется сложной для решения и требуется применение упрощающих допущений.

В порядке упрощения система разделяется на условно независимые уравнения. Для нахождения угла дрейфа и угловой скорости вращения судна относительно вертикальной оси составляется система двух уравнений, в которых скорость хода считается условно постоянной. Уравнение, используемое для определения скорости хода на циркуляции, подлежит решению отдельно от остальных двух уравнений, описывающих плоское движение.

Расчет скорости хода при неустановившемся движении судна на циркуляции должен производиться путем решения системы нелинейных дифференциальных уравнений движения судна. Уравнения движения судна записываются как условие равновесия сил в проекции на оси системы координат, связанной с судном, и условие равновесия моментов относительно точки пересечения диаметральной плоскости судна с плоскостью мидель–шпангоута, в которой располагается начало координат [3, стр. 320; 5, стр. 93].

В настоящей работе выполнено сопоставление для анализа применимости различных формул для расчета скорости хода судна на неустановившейся циркуляции и их влияние на траекторию движения центра тяжести в указанный период движения судна. Приведены сравнение предложенной авторами формулы для расчета зависимости снижения скорости хода судна на эволюционном этапе циркуляции с иными формулами.

Опытами установлено, что уменьшение скорости является близким по относительной величине для судов, совершающих установившуюся циркуляцию одинакового относительного радиуса. Это дало основание ряду исследователей при расчетах снижения скорости хода рекомендовать для использования формулы, единственным аргументом в которых является величина относительного радиуса циркуляции судна [4, стр. 603].

Первоначально в расчет скорости хода судна эволюционном этапе циркуляции вносилось предположение, что мгновенное значение скорости соответствует таковой при установившейся циркуляции с радиусом равным мгновенному радиусу кривизны траектории движения судна (гипотеза стационарности К.К. Федяевского) [3, стр. 332; 4, стр. 560].

Указанное выше допущение обеспечивает простоту практического расчета характеристик движения судна на неустановившейся циркуляции, однако из него следует вывод, что относительное время перехода к стационарным значениям всех параметров движения судна на циркуляции одинаково. Как в дальнейшем

показано К.К. Федяевским, на циркуляции время установления скорости хода судна отличается от времени установления угла дрейфа [3, стр. 332].

А.М. Басиным, Г.А. Фирсовым, Р.Я. Першицем, Г.Е. Павленко разработаны расчетные формулы, а К.К. Федяевский предложил уравнение, решение которого позволяет определить мгновенное значение скорости судна на неустановившейся циркуляции [3, стр. 332; 5, стр. 107]. Также, в исследовании использованы зависимости [6] для определения мгновенного значения скорости хода на неустановившейся циркуляции судна, предложенные рядом авторов.

Интерес представляет количественное сравнение траекторий движения судна на неустановившейся циркуляции при использовании различных зависимостей скорости хода судна на циркуляции с предлагаемой авторами зависимостью.

Задача исследования охватывает сопоставление приведенных в научной литературе результатов расчета траектории движения тестового судна на неустановившейся циркуляции с результатами, полученными по программе, разработанной авторами статьи.

Для решения этой задачи производится разделение зависимостей скорости хода судна на циркуляции на группы формул, дающие одинаковые результаты, сопоставление траекторий движения тестового судна на неустановившейся циркуляции судна при использовании для определения снижения скорости хода различных групп зависимостей, оценка погрешности применения предложенной авторами зависимости для определения снижения скорости хода судна на неустановившейся циркуляции для построения расчетной схемы маневра «зигзаг».

Целью статьи служит количественное сравнение траектории движения судна на неустановившейся циркуляции при использовании различных групп зависимостей скорости судна на циркуляции с предлагаемой авторами зависимостью.

## **1. Построение траекторий движения судна при неустановившейся циркуляции**

Решение уравнения К.К. Федяевского, выполненное в ранее опубликованной работе [6], позволило авторам данного исследования получить полиномиальную аппроксимацию зависимости снижения скорости хода судна на неустановившейся циркуляции. В опубликованных работах [3, стр. 364, рис. 70; 5, стр. 110, рис. 6.2] приводится зависимость относительной скорости хода судна при движении на циркуляции от относительного радиуса циркуляции, которую с высокой степенью точности можно аппроксимировать полиномом третьей степени [6].

В работе [3, стр. 332, 341] приведены: порядок и пример расчета элементов движения судна на эволюционном этапе циркуляции по линеаризованным уравнениям и с учетом нелинейности. По этим алгоритмам в рассматриваемой работе разработаны программы, позволяющие по линеаризованным уравнениям и с учетом нелинейности рассчитывать характеристики движения судна на неустановившейся циркуляции в условиях отсутствия ветра и течения.

В качестве основных характеристик тестового судна приняты исходные данные примера расчета, приведенного в указанной работе [3, стр. 335, 360]. Результаты расчетов параметров движения судна, приведенные в ней, использовались в качестве контрольного примера.

Наблюдается близкое соответствие результатов расчетов при сопоставлении с контрольным примером, приведенным в упоминаемой работе [3, стр. 337-338, табл. 5], что детально проанализировано в ранее опубликованном исследовании [6]. Указанное обстоятельство позволяет считать пригодной для применения в дальнейших исследованиях программу расчета элементов движения судна на эволюционном этапе циркуляции по линеаризованным уравнениям, составленную с применением данного алгоритма [3, стр. 332].

С использованием зависимостей снижения скорости судна на неустановившейся циркуляции по формулам Г.А. Фирсова, Р.Я. Першица, формуле и графику [3, стр. 364, рис. 70; 5, стр. 110, рис. 6.2] траектории перемещения центра тяжести судна рассчитаны в работе [6]. Достаточно близкое взаимное соответствие рассчитанных траекторий движения на неустановившейся циркуляции позволяет утверждать, что три формулы указанных авторов имеют сопоставимую точность и с равной надежностью могут быть использованы при расчетах характеристик движения судна.

Этот же результат подтверждают и другие исследователи, которые утверждают, что, применение некоторых формул для определения скорости хода судна на неустановившейся циркуляции дает близкие результаты [5, стр. 107]. Из технических соображений в дальнейшем рассматривается только формула Р.Я. Першица.

На графическом построении (Рис. 1) показаны траектории перемещения центра тяжести судна при использовании зависимостей снижения скорости судна на неустановившейся циркуляции в соответствии с формулами А.М. Басина, Р.Я. Першица и К.К. Федяевского.

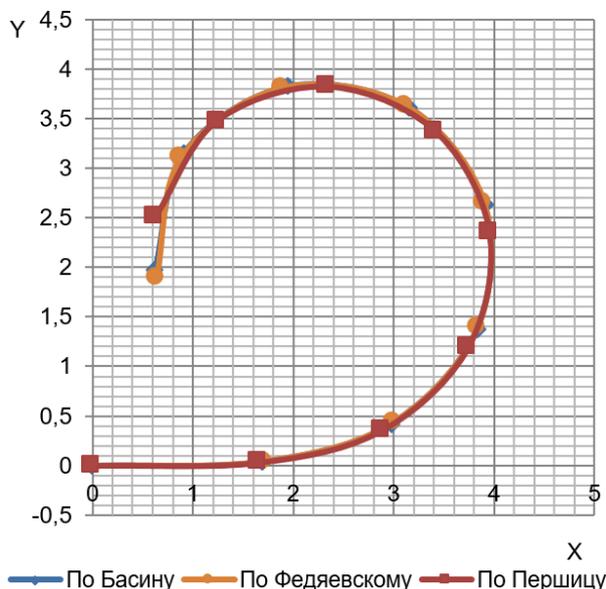


Рис. 1. Траектории движения центра тяжести судна для зависимостей снижения скорости судна по А.М. Басину, Р.Я. Першицу и К.К. Федяевскому (линеаризованная схема)

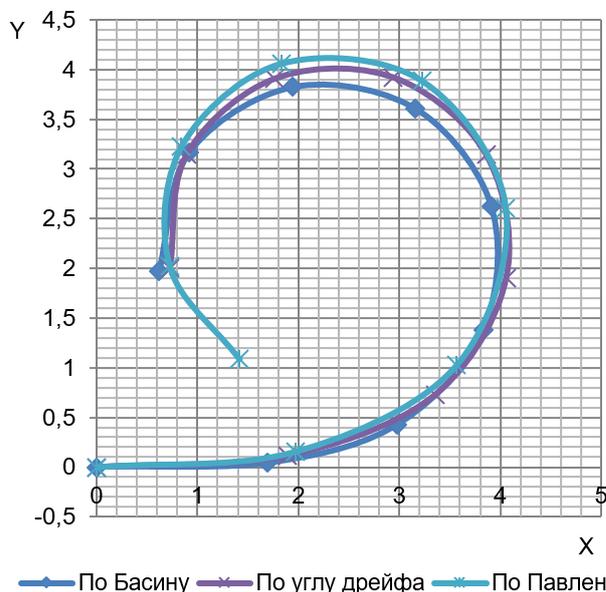


Рис. 2. Траектории движения центра тяжести судна для зависимостей снижения скорости судна по А.М. Басину, Г.Е. Павленко и по углу дрейфа (линеаризованная схема)

Рассматриваемый график построен в безразмерных координатах «Х» (выбег центра тяжести судна) и «У» (боковое смещение центра тяжести), отнесенных к длине судна.

Безразмерное время движения судна « $t$ » определяется как абсолютное время движения судна, умноженное на скорость движения и деленное на длину судна. Одинаковые безразмерные моменты времени на траекториях помечены маркерами.

Траектории перемещения центра тяжести соответствуют линеаризованной схеме расчета движения тестового судна, реализованной авторами в соответствии с алгоритмом, изложенным в опубликованных материалах [3, стр. 335, 360].

Сопоставление результатов расчета для тестового судна, полученных в данной работе, с данными, проведенными в указанных материалах, говорит о применимости реализованного авторами в дальнейших исследованиях [6, 7].

Таблица 1

Траектории движения центра тяжести судна на неустановившейся циркуляции (линеаризованная схема расчета)

№ точки на рис.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время, « $t$ »	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Траектория движения при определении скорости по формуле А.М. Басина									
Координата, «Х»	0	1,696	2,976	3,83	3,911	3,159	1,947	0,914	0,62
Координата, «У»	0	0,041	0,424	1,377	2,626	3,61	3,828	3,163	1,971
Траектория движения при определении скорости по формуле Р.Я. Першица									
Координата, «Х»	0	1,659	2,881	3,743	3,953	3,408	2,341	1,239	0,622
Координата, «У»	0	0,030	0,355	1,196	2,353	3,381	3,826	3,482	2,509
Траектория движения при определении скорости по формуле К.К. Федяевского									
Координата, «Х»	0	1,701	2,99	3,84	3,902	3,123	1,895	0,879	0,636
Координата, «У»	0	0,043	0,434	1,403	2,663	3,637	3,821	3,112	1,899
Сравнение траектории движения при использовании формул А.М. Басина и К.К. Федяевского									
Координата, «Х»	0	-0,003	-0,005	-0,003	0,002	0,011	0,027	0,038	-0,026
Координата, «У»	0	-0,049	-0,024	-0,019	-0,014	-0,007	0,002	0,016	0,037
Сравнение выбега для траектории движения при использовании формул А.М. Басина и Р.Я. Першица									
Относительное	0	0,039	0,117	0,201	0,276	0,338	0,394	0,455	0,538
Абсолютное, м	0	3,86	11,74	20,08	27,62	33,83	39,40	45,54	53,80
Опережение во времени при использовании формулы А.М. Басина относительно формулы Р.Я. Першица									
Абсолютное, сек	0	0,683	2,078	3,554	4,889	5,987	6,974	8,060	9,522
Курсовой угол судна, град.									
По А.М. Басину	0	14,0	46,2	84,6	125,8	168,3	211,4	254,8	298,2
По Р.Я. Першицу	0	13,2	43,5	79,5	117,9	157,5	197,5	237,8	278,2
Опережение курса при использовании формулы А.М. Басина относительно формулы Р.Я. Першица									
Абсолютн., град.	0	0,8	2,6	5,1	7,9	10,9	13,9	17,0	20,1
Относительное	0	0,054	0,057	0,061	0,063	0,065	0,066	0,067	0,067

Траектории перемещения центра тяжести при движении судна на неустановившейся циркуляции, рассчитанные по формулам А.М. Басина и К.К. Федяевского, совпадают, что подтверждается данными, представленными на рассмотренном графическом построении (Рис. 1) и в Таблицах 1 и 2. Если не принимать во внимание временной фактор, а рассматривать только положение центра тяжести судна на плоскости траектории его перемещения, то формулы А.М. Басина, Р.Я. Першица и К.К. Федяевского дают одинаковые результаты.

Перемещение центра тяжести при движении судна на неустановившейся циркуляции, рассчитанные по формулам А.М. Басина и К.К. Федяевского, характеризуется опережением во времени этого перемещения по траектории, найденной по формуле Р.Я. Першица (а также по формуле Г.А. Фирсова, по формуле и графику [3, стр. 364, рис. 70; 5, стр. 110, рис. 6.2], как это показано ранее).

С учетом практического удобства использования формулы А.М. Басина по сравнению с формулой К.К. Федяевского в Таблице 1 показано сравнение найденных траекторий перемещения центра тяжести, рассчитанных по формулам А.М. Басина и Р.Я. Першица (линеаризованная схема).

Относительное расхождение в значениях курса судна для всех моментов времени, рассчитанное по формулам А.М. Басина и Р.Я. Першица не превышает 6,7 %, что с учетом точности расчетной схемы несущественно.

На графике (Рис. 2) приведены траектории движения центра тяжести судна при использовании зависимостей снижения скорости судна на неустановившейся циркуляции по формулам А.М. Басина, Г.Е. Павленко и по углу дрейфа (по формуле [6]).

Траектории, рассчитанные с применением линеаризованной схемы, при использовании формул А.М. Басина, Г.Е. Павленко и формулы, предлагаемой авторами статьи, не совпадают между собою, что подтверждается рассмотрением рисунка 2 и таблицы 2. Траектория, рассчитанная по формуле Г.Е. Павленко, опережает во времени траектории, построенные по формуле А.М. Басина и по углу дрейфа построенную по формуле Р.Я. Першица (а также по формуле К.К. Федяевского, как это показано ранее). Траектории, построенные по формуле А.М. Басина и по углу дрейфа достаточно близки между собой в пространстве и времени при расчете по линеаризованной схеме.

Траектории движения центра тяжести судна на неустановившейся циркуляции, рассчитанные по нелинейной схеме, как это видно из графика (Рис. 3) и Таблицы 2, значительно ближе совпадают между собою, чем траектории, определенные по линеаризованной схеме расчета. Как и в случае использования линеаризованной схемы, траектория, построенная по углу дрейфа, в большей мере приближается к траектории, рассчитанной по формуле Г.Е. Павленко, чем траектории, рассчитанные по формулам иных авторов.

Таблица 2

Траектории движения центра тяжести судна на неустановившейся циркуляции  
(линеаризованная схема расчета)

№ точки на рис.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время, «т»	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Траектория движения при определении скорости по формуле А.М. Басина									
Координата, «Х»	0	1,696	2,976	3,83	3,911	3,159	1,947	0,914	0,620
Координата, «У»	0	0,041	0,424	1,377	2,626	3,61	3,828	3,163	1,971
Траектория движения при определении скорости по формуле Г.Е. Павленко									
Координата, «Х»	0	1,973	3,564	4,051	3,222	1,83	0,841	0,723	1,416
Координата, «У»	0	0,156	1,025	2,608	3,886	4,061	3,227	2,022	1,086
Траектория движения при определении скорости в зависимости от угла дрейфа									
Координата, «Х»	0	1,889	3,359	4,063	3,861	2,942	1,767	0,893	0,727
Координата, «У»	0	0,115	0,729	1,907	3,148	3,921	3,908	3,142	1,998
Сравнение траектории движения при использовании формул Г.Е. Павленко и А.М. Басина									
Координата, «Х»	0	0,277	0,588	0,221	-0,689	-1,329	-1,11	-0,19	0,796
Координата, «У»	0	0,115	0,601	1,231	1,260	0,451	-0,60	-1,14	-0,885
Сравнение траектории по формуле Г.Е. Павленко и зависимости от угла дрейфа									
Координата, «Х»	0	0,084	0,205	-0,012	-0,639	-1,112	-0,93	-0,17	0,689
Координата, «У»	0	0,041	0,296	0,701	0,738	0,14	-0,68	-1,12	-0,912
Сравнение траектории движения при использовании формул Г.Е. Павленко и Р.Я. Першица									
Координата, «Х»	0	0,314	0,683	0,308	-0,731	-1,578	-1,5	-0,52	0,794
Координата, «У»	0	0,126	0,67	1,412	1,533	0,68	-0,60	-1,46	-1,423
Сравнение траектории движения при использовании формул Г.Е. Павленко и К.К. Федяевского									
Координата, «Х»	0	0,272	0,574	0,211	-0,68	-1,293	-1,05	-0,16	0,78
Координата, «У»	0	0,113	0,591	1,205	1,223	0,424	-0,59	-1,09	-0,813
Сравнение траектории. Скорость в зависимости от угла дрейфа и по формуле А.М. Басина									
Относительное	0	0,207	0,490	0,579	0,524	0,379	0,197	0,030	0,110
Абсолютное, м	0	20,7	49,0	57,9	52,4	37,9	19,7	3,0	11,0
Сравнение во времени при определении скорости по формулам Г.Е. Павленко и А.М. Басина									
Абсолютное, сек	0	5,31	14,88	22,14	25,42	24,84	22,28	20,48	21,07
Курсовой угол судна, град.									
По А.М. Басину	0	14,0	46,2	84,6	125,8	168,3	211,4	254,8	298,2
По Г.Е. Павленко	0	19,7	64,9	116,9	169,1	218,5	264,1	306,7	347,6

Количественное сравнение траекторий перемещения центра тяжести судна на неустановившейся циркуляции, рассчитанных по линеаризованной схеме с использованием формул А.М. Басина, Г.Е. Павленко, а также по формуле зависимости скорости хода от угла дрейфа, выполнено в Таблице 2.

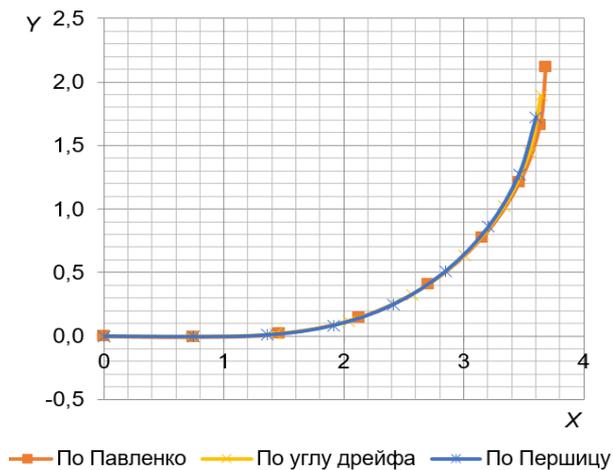


Рис. 3. Траектории движения центра тяжести судна для зависимостей снижения скорости судна по Р.Я. Першицу, Г.Е. Павленко и по углу дрейфа (нелинейная схема)

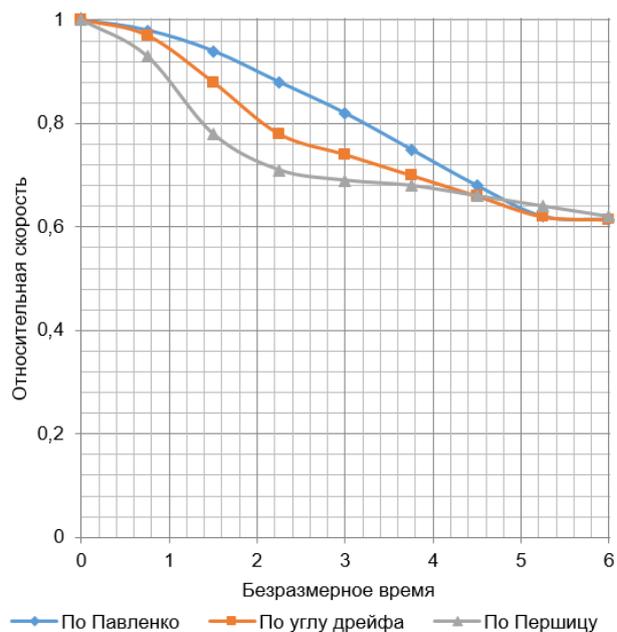


Рис. 4. Зависимость падения скорости хода судна на циркуляции при расчете по формулам Р.Я. Першица, Г.Е. Павленко и по углу дрейфа (нелинейная схема)

Сопоставление траекторий движения центра тяжести судна на неустановившейся циркуляции, определенных по нелинейной схеме с использованием формул Р.Я. Першица, Г.Е. Павленко, а также по формуле авторов, осуществлено в Таблице 3.

## 2. Группы формул для определения скорости хода на неустановившейся циркуляции судна

Формулы для определения скорости хода судна на неустановившейся циркуляции можно условно разделить на три группы.

К первой группе относятся формулы Р.Я. Першица и Г.А. Фирсова, а также формула и график [3, стр. 364, рис. 70; 5, стр. 110, рис. 6.2]. Траектории движения центра тяжести на неустановившейся циркуляции судна, рассчитанные с использованием формул первой группы, практически полностью совпадают между собой на плоскости траектории и во времени. Формула Р.Я. Першица рекомендуется для всех случаев расчета при относительном радиусе установившейся циркуляции большем единицы [3, стр. 364].

Ко второй группе относятся формулы А.М. Басина и К.К. Федяевского. Траектории, рассчитанные с их применением, совпадают между собой и опережают по времени перемещения центра тяжести на траекториях, рассчитанных по формулам первой группы, совпадая с ними на плоскости траектории. По мнению ряда авторов, формула А.М. Басина дает хорошие результаты для речных судов, а К.К. Федяевского для морских [3, стр. 363]. Сравнение траекторий, рассчитанных для тестового судна по формулам А.М. Басина и К.К. Федяевского, приведенное

в Таблице 1, показывает расхождение в координатах траектории менее чем 5%, что с инженерной точностью указывает на близкое соответствие результатов.

Таблица 3

Траектории движения центра тяжести судна на неустановившейся циркуляции  
(нелинейная схема расчета)

№ точки на рис.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время, "t"	0	0,75	1,5	2,25	3	3,75	4,5	5,25	6
Траектория движения при определении скорости по формуле Г.Е. Павленко									
Координата, "X"	0	0,742	1,461	2,127	2,704	3,156	3,467	3,640	3,687
Координата, "Y"	0	-0,006	0,018	0,147	0,407	0,775	1,207	1,658	2,115
Траектория движения при определении скорости по формуле Р.Я. Першица									
Координата, "X"	0	0,742	1,364	1,916	2,412	2,850	3,206	3,462	3,604
Координата, "Y"	0	-0,004	0,009	0,084	0,248	0,511	0,860	1,274	1,723
Траектория движения при определении скорости в зависимости от угла дрейфа									
Координата, "X"	0	0,739	1,432	2,043	2,569	3,006	3,336	3,550	3,646
Координата, "Y"	0	-0,004	0,016	0,117	0,326	0,636	1,020	1,446	1,894
Сравнение траектории движения при использовании формул Г.Е. Павленко и Р.Я. Першица									
Координата, "X"	0	0,000	0,097	0,211	0,292	0,306	0,261	0,178	0,083
Координата, "Y"	0	-0,002	0,009	0,063	0,159	0,264	0,347	0,384	0,392
Сравнение траектории движения при использовании формул Г.Е. Павленко и в зависимости от угла дрейфа									
Координата, "X"	0	0,003	0,029	0,084	0,135	0,150	0,131	0,090	0,041
Координата, "Y"	0	-0,002	0,002	0,030	0,081	0,139	0,187	0,212	0,221
Курсовой угол судна, град.									
По Г.Е. Павленко	0	4,8	16,6	32,0	48,6	64,9	81,0	96,7	106,3
По Р.Я. Першицу	0	4,5	14,8	27,3	41,0	55,5	70,2	85,4	100,5
По углу дрейфа	0	4,5	15,7	30,0	45,2	60,3	75,5	90,6	105,7
Относительная скорость хода									
По Г.Е. Павленко	1	0,98	0,94	0,88	0,82	0,75	0,68	0,62	0,61
По Р.Я. Першицу	1	0,93	0,78	0,71	0,69	0,68	0,66	0,65	0,61
По углу дрейфа	1	0,94	0,80	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,61

К третьей группе следует отнести формулу Г.Е. Павленко и формулу, связывающую скорость хода с углом дрейфа судна, в которой принимается обратная квадратичная зависимость скорости хода судна от угла дрейфа.

Траектория движения центра тяжести на неустановившейся циркуляции судна, рассчитанная с использованием формулы Г.Е. Павленко, опережает во времени и превосходит по мгновенному радиусу циркуляции траектории, построенные по формулам, предлагаемым различными авторами.

В случае использования линеаризованной схемы расчета траектория, рассчитанная по формуле, связанной с квадратом угла дрейфа, по времени прохождения точек совпадает с траекториями, найденными с использованием формул второй группы. По выбегу и тактическому диаметру циркуляции указанная

траектория приближается к траектории, рассчитанной с использованием формулы Г.Е. Павленко.

При использовании нелинейной схемы расчета траектория движения судна, рассчитанная по формуле, связанной с квадратом угла дрейфа, занимает геометрически и во времени промежуточное положение между траекторией, рассчитанной с использованием формулы Г.Е. Павленко, и траекториями, построенными с использованием формул иных авторов.

По результатам исследований К.К. Федяевского время установления скорости на циркуляции судна заметно отстает от времени установления угла дрейфа судна [3, стр. 332]. При использовании формулы Г.Е. Павленко в алгоритме результат расчета соответствует выводам К.К. Федяевского [3, стр. 336, рис. 58].

Формула Г.Е. Павленко имеет следующий вид:

$$\bar{v}_c = v_c / v_0 = 1 - \mu_c \sin^2((\pi/2) \times (\tau / \tau_y)) \quad \mu_c = (v_0 - v_y) / v_0,$$

где:  $v_c$  – мгновенная скорость хода на циркуляции,  $v_0$  – скорость хода до начала циркуляции,  $v_y$  – скорость хода на установившейся циркуляции судна,  $\tau$  – безразмерное время хода судна на неустановившейся циркуляции,  $\tau_y$  – безразмерное время установления скорости хода судна на циркуляции.

Согласно рекомендации Г.Е. Павленко, при мгновенной переключке руля  $\tau_y = 6$ . Если по результатам расчета установившегося угла дрейфа на циркуляции безразмерное время окажется  $\tau_y > 6$ , то в формулу следует подставлять найденное в уравнении значение безразмерного времени  $\tau_y$  установившейся циркуляции [3, стр. 332].

Таким образом, при определении скорости хода судна по формуле Г.Е. Павленко возникает необходимость заранее определять время установления скорости на циркуляции. В общем случае задача решается методом последовательных приближений. В качестве начального приближения рекомендуется принимать значение безразмерного времени равное шести единицам. Практические расчеты характеристик движения на циркуляции с использованием формулы Г.Е. Павленко показывают быструю сходимость последовательных приближений. Определение зависимости снижения скорости хода на неустановившейся циркуляции судна по формулам иных авторов производится прямым расчетом [7].

Формула Г.Е. Павленко сконструирована таким образом, что форма зависимости скорости хода судна на эволюционном этапе циркуляции от времени обеспечивает переход без изломов от скорости прямолинейного движения судна к скорости хода на установившейся циркуляции, как показано на графике (Рис. 4).

Наблюдаемое отставание во времени для траекторий, определенных с применением формул Р.Я. Першица и по квадрату угла дрейфа по сравнению с траекторией, построенной с использованием формулы Г.Е. Павленко объясняется характером зависимостей, приведенных на графике (Рис. 4).

В формуле Г.Е. Павленко, единственной из всех формул для определения скорости судна на циркуляции, в явном виде присутствует время процесса. При расчете характеристик движения на неустановившейся циркуляции формула

Г.Е. Павленко удобна при использовании в алгоритме определения характеристик судна при выходе на установившуюся циркуляцию.

Однако при расчете маневра «зигзаг» при переключке руля на противоположный борт скорость хода судна возрастает в связи с уменьшением угла дрейфа. Указанное обстоятельство несколько затрудняет использование формулы Г.Е. Павленко для определения скорости хода судна на циркуляции при построении траектории судна для маневров типа «зигзаг». По указанной причине следует, по-видимому, отдавать предпочтение формулам, которые связывают мгновенные значения величин скорости хода судна и радиуса циркуляции или угла дрейфа.

Общая структура формулы, рекомендуемой авторами, построена по принципу формулы Г.Е. Павленко. Однако в формуле в явном виде отсутствует время переходного процесса, а присутствует значение угла дрейфа, как и в формулах Р.Я. Першица и Г.А. Фирсова, А.М. Басина и К.К. Федяевского.

Предлагаемая авторами формула связывает скорость хода судна на эволюционном этапе циркуляции с квадратом угла дрейфа судна и имеет вид:

$$\bar{v}_c = v_c / v_0 = 1 - (1 - v_y) \cdot (\beta / \beta_y)^2,$$

где:  $v_y$  – установившаяся скорость хода судна на циркуляции,  $\beta$  – мгновенный угол дрейфа судна,  $\beta_y$  – угол дрейфа судна на установившейся циркуляции.

Траектория движения судна на эволюционном этапе циркуляции, рассчитанная с использованием формулы Г.Е. Павленко, как показывает практика расчетов управляемости водоизмещающих судов и кораблей, оборудованных традиционным рулевым устройством, в лучшей степени приближается к экспериментальным данным, чем траектории движения, построенные с использованием формул иных авторов. Указанное обстоятельство позволяет использовать траекторию движения центра тяжести тестового судна на эволюционном этапе циркуляции, рассчитанную с применением формулы Г.Е. Павленко, как эталонную для определения величины ошибки при расчете по другим формулам.

Величина ошибки при построении траектории движения судна на эволюционном этапе циркуляции определяется конкретными условиями эксплуатации судна и является отдельной задачей.

В данной задаче в одинаковые моменты времени движения судна примем в определении каждой из координат траектории максимально допустимой ошибку равную 10% длины судна, то есть 0,1 в относительных единицах. Одинаковые безразмерные моменты времени на графиках траекторий движения судна помечены маркерами.

Для сравнения точности формул между собой и определения их применимости обратимся к Таблицам 2 и 3.

Из рассмотрения Таблицы 2 следует, что для линеаризованной схемы расчета условие максимальной принятой ошибки в отклонении траектории от рассчитанной с применением формулы Г.Е. Павленко выполняется для траектории, рассчитанной при использовании зависимости между квадратом угла дрейфа и скоростью хода на циркуляции судна. В момент безразмерного

времени хода судна на неустановившейся циркуляции равно двум единицам (вторая точка на траектории) при использовании зависимости между квадратом угла дрейфа и скоростью хода на циркуляции судна ошибка для координаты «Х» составляет 0,084 относительных единиц, а для координаты «У» соответственно 0,041. Одновременно следует отметить, что курсовой угол судна в указанный момент времени равен  $15,7^{\circ}$ , что меньше величины при выполнении эталонного маневра «зигзаг».

Из рассмотрения Таблицы 3 следует, что для нелинейной схемы расчета условие максимальной принятой ошибки в отклонении траектории от рассчитанной с применением формулы Г.Е. Павленко выполняется для траекторий, рассчитанных при использовании зависимости между квадратом угла дрейфа и скоростью хода на циркуляции судна и формулы Р.Я. Першица. В момент безразмерного времени хода судна на неустановившейся циркуляции равно 1,5 единицам (третья точка) при использовании формулы Р.Я. Першица и времени равно 2,25 единицам (четвертая точка) для зависимости между квадратом угла дрейфа и скоростью хода на циркуляции судна ошибка для координат «Х» и «У» менее 0,1. Курсовой угол судна в указанный момент времени равен  $14,8^{\circ}$  и  $30^{\circ}$  соответственно.

### Выводы

Полученные результаты и перспективы дальнейших исследований можно охарактеризовать следующим образом.

При использовании формул, входящих в каждую из групп, параметры движения судна, рассчитанные в режиме неустановившейся циркуляции, достаточно хорошо совпадают между собою в пределах группы.

Различия найденных расчетных параметров движения судна на неустановившейся циркуляции при использовании формул, входящих в разные группы, является существенным по отношению к решению, полученному с помощью формулы Г.Е. Павленко, которое принято в качестве эталонного решения.

Предлагаемая в работе формула основывается на взаимосвязи между квадратом угла дрейфа и скоростью хода на циркуляции судна, что позволяет использовать формулу в алгоритме, предусматривающем как увеличение, так и уменьшение угла дрейфа судна, то есть при выполнении судном маневра «зигзаг».

В расчете характеристик движения судна на неустановившейся циркуляции по нелинейной и по линеаризованной схемам мгновенное значение радиуса циркуляции определяется через угловую скорость поворота судна, что не вызывает усложнений в расчетной схеме. При использовании формулы, связывающей скорость хода с квадратом угла дрейфа судна, непосредственно используется мгновенное значение угла дрейфа, определенное ранее в расчете. При этом траектория движения центра тяжести судна на плоскости и во времени, с допустимым уровнем ошибки, приближается к траектории, рассчитанной с использованием формулы Г.Е. Павленко. Исходя из того, что предлагаемая формула позволяет получить результаты, которые ближе к реальности по сравнению с расчетами с использованием других формул, можно рекомендовать предложенную формулу.

Из рассмотрения графических построений (Рис. 1 и 2), а также анализа данных, приведенных в Таблицах: 1 и 2, следует, что параметры циркуляции судна

при расчете по линеаризованной схеме с использованием различных формул для зависимости снижения скорости хода, кроме формулы Г.Е. Павленко достаточно хорошо совпадают между собой.

Эталонный маневр «зигзаг», включающий поворот судна до изменения курсового угла судна на 10 градусов, а затем поворот на противоположный борт, с допустимой ошибкой может быть рассчитан по нелинейной схеме с применением формулы Р.Я. Першица и при использовании зависимости между квадратом угла дрейфа и скоростью хода на циркуляции судна. При этом отклонение от траектории, рассчитанной с применением формулы Г.Е. Павленко будет меньше для зависимости, предлагаемой в статье.

При расчете кратковременных маневров, совершаемых судном с небольшими углами перекладки руля или при перекладках руля на небольшие промежутки времени, выбор формулы для расчета изменения скорости хода определяется соображениями удобства построения расчетной схемы.

В дальнейших исследованиях планируется проверить применимость формул изменения скорости судна на неустановившейся циркуляции при расчетах для различных стандартных маневров судов различных типов. Отдельного исследования заслуживает сравнение расчетных результатов с натурными испытаниями.

#### Источники и литература

1. Обертюр К. Л. Повышение безопасности эксплуатации судов методами управления событиями. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. «Одесская морская академия». Одесса, 2015  
Электронный ресурс [http://www.nautinst.com.ua/site\\_ru.php?id=rev2&uid=24](http://www.nautinst.com.ua/site_ru.php?id=rev2&uid=24)
2. Анализ аварийности на морском и внутреннем водном транспорте в зоне ответственности Южного УГМРН Ространснадзора по итогам 2017 г. Электронный ресурс <https://yugmrn.tu.rostransnadzor.ru/wp-content/uploads/sites/33/2017/12/2017.pdf>
3. Войткунский Я.И. Справочник по теории корабля. Судовые движители и управляемость. Я.И. Войткунский, Р.Я. Першиц, А.И. Титов. – Изд. 2–е, переработанное и дополненное. Л.: Судостроение, 1973. – 512 с.
4. Войткунский Я.И. Справочник по теории корабля. Ходкость и управляемость. Я.И. Войткунский, Р.Я. Першиц, А.И. Титов. – Л.: Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1960. – 688 с.
5. Справочник по теории корабля: В трех томах. Том 3. Управляемость водоизмещающих судов. Гидродинамика судов с динамическими принципами поддержания / Под ред. Я.И. Войткунского. – Л.: Судостроение, 1985. – 544 с.
6. Казарезов А. Я. Донченко М. В. Визначення швидкості ходу судна на несталій циркуляції. Наукові праці: науковий журнал./ Черномор. нац. ун-т ім. Петра Могили [Комп'ютерні технології]. Миколаїв. 2018. С. 41–47 – Т. 317. Вип. 305. – 126 с.
7. Казарезов А.Я. Расчет маневренных характеристик судов и толкаемых буксирных составов. А.Я. Казарезов, А.Ф. Галь, С.М. Хальнов. – Матеріали 7 Міжнародної науково-технічної конференції. «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв: НУК, 2016. – 462 с.
8. Войлошников М.В. Математические методы в расчетах качки и управляемости судна. Учебно-методическое пособие – Владивосток: Дальневосточный государственный институт рыбной промышленности и хозяйства (технический университет), 1996. – 47 с.
9. Adrian Biran Ship hydrostatics and stability, 4 edition – Butterworth-Heinemann, 2003, 344 p.

10. D.W. Taylor Resistance of Ships. Historische Schifffahrt – Books on Demand, 2009, 256 p.
11. Edward M. Lewandowski The dynamics of marine craft: maneuvering and seakeeping – World Scientific, 2004, 411 p.
12. J.P. Ghose, R.P. Gokarn Basic ship propulsion – Allied Publishers, 2004, 557 p
13. Volker Bertram Practical Ship Hydrodynamics. 2nd edition – Elsevier, 2011, 390 p.

Поступила в редакцию 08 октября 2021 г.

# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗЭКИПАЖНЫМИ СУДАМИ

УДК 656.613

## ПЕРСПЕКТИВЫ УЧАСТИЯ БЕЗЭКИПАЖНЫХ СУДОВ В ОРГАНИЗАЦИИ ПОИСКА И СПАСАНИЯ ЛЮДЕЙ НА МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ

Акмайкин Денис Александрович, Гамс Анастасия Вадимовна  
Морской государственной университет им. адм. Г.И. Невельского  
akmaykin@msun.ru, gams@msun.ru

**Аннотация.** В процессе организации поиска и спасания людей на морских акваториях вполне перспективным решением является использование безэкипажных судов. Данная статья посвящена описанию преимуществ таких судов перед традиционными средствами поиска и спасания.

**Ключевые слова:** судовождение, автономное судно, безэкипажное судно, дистанционное управление, мировое судоходство, поиск и спасание.

## PROSPECTS FOR THE PARTICIPATION OF UNMANNED VESSELS IN THE ORGANIZATION OF SEARCH AND RESCUE OF PEOPLE IN SEA AREAS

Akmaikin Denis, Gams Anastasia  
Maritime state University named after admiral G. I. Nevelskoy  
akmaykin@msun.ru, gams@msun.ru

**Abstract.** In the process of organizing the search and rescue of people in sea areas, a quite promising solution is the use of unmanned vessels. This article is devoted to the description of the advantages of such vessels over the traditional means of search and rescue.

**Keywords:** navigation, autonomous vessel, unmanned vessel, remote control, world shipping, search and rescue.

Оригинальность 38,17 %,   
01.04.2022

Согласно морским традициям, международным соглашениям и законодательствам морских держав, одной из обязанностей моряков является спасение людей и судов, терпящих бедствие. Кодекс торгового мореплавания РФ, Устав службы на судах, Уголовный кодекс РФ, международная конвенция и соглашение

Правительства РФ с иностранными государствами о сотрудничестве при спасении человеческих жизней на море - документы, регламентирующие оказание помощи терпящим бедствие судам. Одной из первых конвенций была международная конвенция для объединения некоторых правил относительно оказания помощи и спасения на море 1910 года [1].

Однако введение в эксплуатацию безэкипажных судов является новым пунктом в документах, определяющих правила судоходства в целом.

Одним из важнейших условий по обеспечению организации поисково-спасательных операций для спасения людей является обмен информацией между государствами о проведении такого рода мероприятий. В данный обмен входят следующие сведения: расположение национального спасательно-координационного центра, наличие средств для оказания необходимой помощи, список государственных и общественных служб, которые осуществляют такие виды работ, местонахождение поисково-спасательных областей, установленные по согласованию с соседними государствами [2]. Вид и скорость устранения аварийных ситуаций условно можно разделить на три категории:

- стадия неопределенности;
- стадия тревоги;
- стадия бедствия.

Для того чтобы обеспечить безопасность на морских акваториях и над ними, абсолютно все прибрежные страны снабжены спасательными службами и областными соглашениями с соседними странами о взаимопомощи. Например, Российская Федерация имеет соглашения такого рода с Данией, Норвегией, Финляндией, Швецией, Японией и другими государствами.

В рамках Международной морской организации существует и работает Международная космическая система определения местонахождения судов и самолетов, терпящих бедствие.

Существует три уровня координаторов в системе поиска и спасания:

- координаторы поиска и спасания;
- координаторы, занимающиеся действиями по поиску и спасанию;
- координаторы на месте действия.

Координация поиска и спасения обычно состоит из руководителей поиска и спасания высшего уровня, которые ответственны за организацию и управление системой поиска и спасания, организацию спасательно-координационного центра и спасательных подцентров, предоставление средств поиска и спасания, разработку практики поиска и спасания [3].

Координатор, занимающийся действиями по поиску и спасанию, руководит мероприятиями вплоть до их завершения или до того момента, пока не станет ясно, что дальнейшие действия бессмысленны.

Как показывает практика, координатором на месте действия обычно становится командир первого средства, появившегося на месте происшествия, он продолжает свою работу, пока ему не предоставят замену [4].

Судна, которые готовы к оказанию помощи, получают сообщения о бедствии одним из следующих способов:

- сигнал тревоги или сигнал бедствия с другого судна в море;
- сигнал тревоги или сигнал бедствия с воздушного судна;
- сигнал тревоги, переданный через судовое оборудование, а затем ретранслированный с берега на судно;
- визуальный или звуковой сигнал с находящегося недалеко терпящего бедствие судна.

Далее, судно, принявшее сигнал бедствия, должно предпринять следующие действия:

- Отправить подтверждение о получении сигнала.
- Если возможно, уточнить у судна, терпящего бедствие, следующую информацию: местонахождение судна, идентификацию терпящего бедствие судна, позывные и название, количество людей на борту, подробные сведения о происшествии, вид требующейся помощи, количество жертв, тип судна и перевозимого груза, а также любые сведения, которые могут облегчить спасание.
- Непрерывно нести вахту на международных частотах: 500 кГц, 2182 кГц, 156,8 МГц, 121,8 МГц.

Во время следования в район бедствия, необходимо установить координаты судов, находящихся вблизи терпящего бедствие судна; контролировать местоположения судов в радиолокационной видимости; установить время подхода спасательных судов; оценить ситуация и подготовиться к действиям на месте заранее [5].

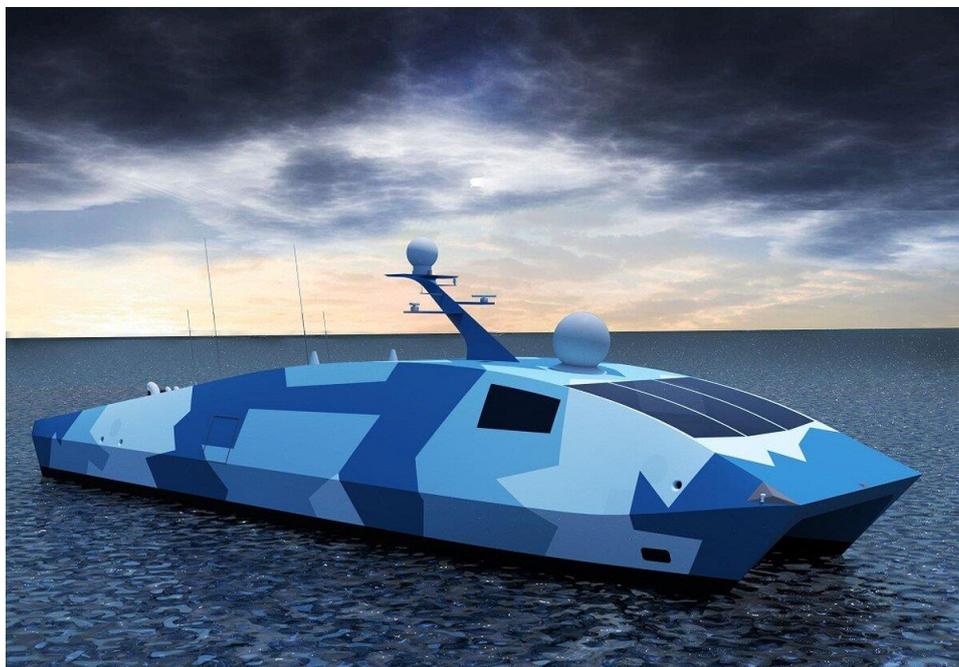


Рис. 1. Модель безэкипажного судна

Автономные суда в разных стадиях имеют разный статус использования при спасательной операции. В стадии неопределенности их преимущество заключается в том, что известны их местоположение, курс и их возможности, так как оператор судна располагает данной информацией. Такие суда проще

организовать в пул судов для участия в спасательных операциях. В статусе тревоги они имеют преимущество в виде распределений обязанностей между собой из одного командного центра. На рисунке представлена модель безэкипажного судна.

Подразумевается оборудование безэкипажных судов для их использования для нахождения людей на борту судна, однако, такая возможность должна быть под полным контролем оператора судна, так как в виду опасности захвата пиратами, вероятность потери контроля велика. Так же на борту должна быть кнопка вызова активных спасательных средств.

Перспективы участия безэкипажных судов в организации поиска и спасения на стадии ясны и вселяют уверенность в их использовании в будущем.

### Источники и литература

1. Дмитриев В.И. Обеспечение безопасности плавания: Учеб. Пособие для вузов водного транспорта. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 374 с.
2. BEING A RESPONSIBLE INDUSTRY. Maritime Autonomous Surface Ships UK Code of Practice. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://www.asvglobal.com/wpcontent/uploads/2018/11/MUK\\_COP\\_2018\\_V2\\_B8rlgDb.pdf](https://www.asvglobal.com/wpcontent/uploads/2018/11/MUK_COP_2018_V2_B8rlgDb.pdf) (дата обращения — 01.10.2021)
3. Зайцев А. И. Беспилотные технологии на водном транспорте — реальность и перспективы / А. И. Зайцев, В. В. Каретников, А. А. Сикарев // Морская радиоэлектроника. — 2017. — № 3(61).— С. 6–9.
4. Дмитриев В. И. Методы обеспечения безопасности мореплавания при внедрении беспилотных технологий / В. И. Дмитриев, В. В. Каретников // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 6. — С. 1149–1158.
5. Страшко А.Н. Безопасность плавания: Учебное пособие. Ч. 1. – СПб., ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2001. – 92 с.

Поступила в редакцию 08 октября 2021 г.

АРХИТЕКТУРА УПРАВЛЕНИЯ  
МОРСКИМИ АВТОНОМНЫМИ НАДВОДНЫМИ СУДАМИ

Мотрич Владимир Николаевич  
Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского  
MotrichVN@msun.ru

**Аннотация.** В статье приведена классификация морских автономных надводных судов. В соответствии с действующей классификацией предложены требования к квалификации членов экипажей морских автономных надводных судов и операторов центров управления морскими автономными надводными судами в зависимости от степени их автономности.

**Ключевые слова:** автономная навигация, управление судоходством, морские автономные надводные суда.

ARCHITECTURE OF MANAGEMENT  
OF MARINE AUTONOMOUS SURFACE VESSELS

Motrich Vladimir  
Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy  
MotrichVN@msun.ru

**Abstract.** The article presents the classification of marine autonomous surface vessels. In accordance with the current classification, the requirements for the qualification of crew members of marine autonomous surface vessels and operators of control centers for marine autonomous surface vessels are proposed, depending on the degree of their autonomy.

**Keywords:** autonomous navigation, navigation management, marine autonomous surface ships.

Оригинальность 83,23 %, 01.04.2022

Интеллектуальные аппаратно-программные информационные комплексы вместе с новыми технологиями коммуникации и обмена массивами данных между судном и берегом заложили основу для развития удаленных решений и автономной навигации в судоходстве. Ожидается, что безэкипажные суда уже начнут эксплуатироваться в самом ближайшем будущем.

Обеспечение того, чтобы эти суда работали на эквивалентном уровне безопасности, имеет решающее значение для укрепления доверия и реализации

потенциала этих технологий. Однако, несмотря на существующие технические прорывные проекты, требования к компетентности лиц, осуществляющих мониторинг, поддержку и/или управление этими судами, окончательно еще не определены.

Под термином «морское автономное надводное судно» (МАНС) подразумевается судно, которое в той или иной степени может эксплуатироваться без взаимодействия с человеком. В зависимости от степени автономности различают четыре категории МАНС. При этом требуется обеспечить, чтобы уровень безопасности морского автономного надводного судна с любой степенью автономности был не ниже уровня безопасности обычного судна аналогичного назначения, отвечающего всем международным и национальным нормам.

*Степень автономности 1.* Судно с автоматическими процессами и поддержкой решения: на борту находятся моряки для эксплуатации и контроля судовых систем и функций. Некоторые операции могут осуществляться автоматически и в некоторых случаях неконтролируемо, но моряки на борту готовы взять на себя контроль.

Термин «моряки» (seafarers) подразумевает, что в части подготовки, дипломирования и несения вахты к ним в полной мере применяется Международная конвенция и кодекс ПДНВ с поправками.

Неоправданно повышенное доверие автоматическим системам может привести к аварийной ситуации. Поэтому в соответствии с Правилom V/14 Международной конвенции СОЛАС-74 суда со степенью автономности 1, как и все суда, которые несут флаг Администрации, должны быть укомплектованы экипажами надлежащей численности и должной квалификации, что документально удостоверяется свидетельством о минимальном безопасном составе. При этом в числе всех прочих факторов учитывается и степень автоматизации.

Необходимым и достаточным требованием для судов со степенью автономности 1 является его укомплектование членами экипажа, прошедшим подготовку и дипломированным в соответствии с Международной конвенцией и Кодексом ПДНВ.

В части e-навигации необходимо обязательное прохождение:

- подготовки судоводителей по судовождению с использованием радара на уровне эксплуатации (модельный курс ИМО 1.07) и по судовождению с использованием радара на уровне управления (РЛС, САРП, работа в команде мостика, поисково-спасательные операции) (модельный курс ИМО 1.08);
- подготовки по эксплуатационному использованию ЭКНИС (модельный курс ИМО 1.27).

Важным инструментом для поддержки принятия решений на борту судна является интегрированная система мостика, поэтому необходимо ввести обязательную подготовку судоводителей судов со степенью автоматизации 1 по Модельному курсу ИМО 1.32 «Эксплуатационное использование интегрированных систем мостика».

Кибербезопасность на борту судна обеспечивается аппаратными и программными методами производителями соответствующего оборудования и ПО, а также организационно на уровне процедур СУБ компании в соответствии с циркуляром MSC-FAL.1/Circ.3 «Руководство по управлению киберрисками

в морской отрасли» и Руководством по обеспечению кибербезопасности РМРС. Такие меры и процедуры весьма специфичны в зависимости от состава оборудования, степени его уязвимости от кибератак и серьезности последствий для безопасности судна, и, как правило, и они носят конфиденциальный характер. Ознакомление и отработка таких мер и процедур наиболее эффективны на борту судна. Однако обучение компьютерной безопасности – это всеобщая задача и должно осуществляться на всех уровнях: в средней школе, в образовательных организациях и производстве.

По а-навигации достаточна общая подготовка в пределах учебных программ и программ курсов повышения квалификации. В программы, как минимум, должны быть включены правовые вопросы, связанные с применением МАНС, включая изменения в международном и национальном законодательстве, основы робототехники и искусственного интеллекта, стратегическое планирование и управление рейсом, обслуживание жизненно важных систем, кибербезопасность, характерные проблемы и уроки аварийных случаев. Важно, чтобы члены экипажа ясно осознавали и отрицательные стороны автоматизации, такие как развитие беспечности и скуки, а также снижение бдительности.

*Степень автономности 2.* Судно управляется дистанционно с моряками на борту: судно эксплуатируется и контролируется из места, расположенного вне контролируемого судна. Моряки находятся на борту для принятия контроля и эксплуатации судовых систем и функций на себя.

Необходимым и достаточным требованием для судов со степенью автономности 2 является его укомплектование членами экипажа, прошедшим подготовку и дипломированным в соответствии с Международной конвенцией и Кодексом ПДНВ.

Объем подготовки членов экипажа судна со степенью автономности 2 по е-навигации будет зависеть от состава навигационного оборудования и средств связи. На судне со степенью автономности 2 на борту может быть лишь ограниченный комплект аварийного оборудования, достаточный, чтобы достичь ближайшего порта, либо в распоряжении экипажа может быть предоставлен весь спектр электронных систем с режимом ручного управления.

Совсем не обязательно экипаж судна принимает на себя управление судном в случае отказа систем дистанционного управления. В зависимости от условий плавания определенные участки рейса могут выполняться в дистанционном или ручном режиме.

Поддержка принятия решений может осуществляться не только с помощью судовых технических средств, но и с участием берегового центра. В этом случае судоводительский состав должен знать, как действовать в случае воздействия помех и уметь восстанавливать перерыв в обмене данными. Требуется более глубокая подготовка в области кибербезопасности, умение распознавать кибератаки, им противодействовать и устранять их последствия.

Экипаж должен понимать намерения и действия оператора дистанционного управления, поэтому подготовке в области а-навигации уделяется больше внимания. Команда мостика должна быть знакома со структурой ЦДУ, полномочиями, распределением обязанностей и ответственностью операторов и должност-

ных лиц центра, принципами дистанционного управления. Должна быть установлена четкая процедура передачи командования судна от ЦДУ капитану и наоборот.

*Степень автономности 3.* Судно управляется дистанционно без моряков на борту: судно эксплуатируется и контролируется из места, расположенного вне контролируемого судна. Моряков на борту нет.

Центр дистанционного управления судном (судами) (ЦДУ) — место, технически удаленное от борта управляемого судна, с которого возможно проводить мониторинг и управление судном методами, обеспечивающими безопасность мореплавания. Он может быть расположен на другом судне или на берегу. Персонал ЦДУ следит за работой судна и вмешивается удаленно, когда это необходимо и технически возможно. ЦДУ может контролировать и управлять более чем одним судном.

В соответствии с разделом 10 Положений по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС) количество персонала ЦДУ должно быть достаточным, чтобы обеспечивать:

- безопасный мониторинг, контроль и управление тем количеством судов, которое находится под контролем ЦДУ;
- защиту окружающей среды;
- выполнение требований к длительности рабочего времени персонала ЦДУ.

Классификационное общество DNV совместно с Норвежской морской администрацией и компаниями Kongsberg, Wilhelmsen и др. разработало стандарт компетентности для операторов ЦДУ DNV-ST-0324 и рекомендованную практику DNV-RP-0323 для его поддержки. Кроме множества правовых и технических компетенций оператор должен знать инженерную психологию, уметь учитывать особенности человеческого восприятия, уметь поддерживать ситуационную осведомленность, владеть техникой принятия решений и т.д.

*Степень автономности 4.* Полностью автономное судно: операционная система судна способна принимать решение и определять действия самостоятельно.

Контроль движения полностью автономного судна будет вестись из ЦДУ, и персонал в случае необходимости переводит его на дистанционное управление.

Оператор должен иметь опыт работы в ЦДУ не менее 5 лет, а также пройти подготовку в области программной среды искусственного интеллекта, владеть лингвистикой программирования, включая инкорпорирование правил и норм в ПО, алгоритмами расчета маршрутов, обеспечивающих навигационную безопасность и маневров по предотвращению столкновений судов и объектов, уметь настраивать сенсоры, создавать модели машинного обучения, обучать нейронные сети и многое другое.

### **Источники и литература**

1. Положения по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС). Российский морской регистр судоходства. Санкт-Петербург. 2020. С. 96.
2. Циркуляр ИМО MSC.1/ Circ.1638 от 3 июня 2021 г. [Электронный ресурс] URL: [www.imo.org](http://www.imo.org).
3. Competence of remote control centre operators. DNV-ST-0324. Edition 1 August 2021.c.32.

Поступила в редакцию 08 октября 2021 г.

*Научное издание*

ВЕСТНИК  
МОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Спецвыпуск

Материалы IV Научно-практической конференции  
«Морские исследования на Дальнем Востоке»,  
7-8 октября 2021 г.

Вып. 88 / 2021

Научный редактор  
кандидат физико-математических наук, доцент  
Д. А. Акмайкин

Подготовлено в Морском государственном университете  
им. адм. Г. И. Невельского  
690059, Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а