ВЕСТНИК
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-3-416-425

FEATURES OF FENDER PROTECTION APPLICATION ON UNCREWED PORT TUGS

O. O. Danilov

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

In this paper, the variants of the fender protection of traditional port tugs and the possibility of using this protection on unmanned vessels of such type are considered; the main elements of such protection are investigated. At present, the technical level of mechanisms, instruments and software allows creating unmanned and crewless vessels. One of the promising directions in the development of such vessels is port tugs, since having relatively large river and sea vessels they perform production tasks in the port water area and approaches to it. An integral part of the work of a port barthing tug or escort tug is bulks and approaches in tight to the towed object or vessel. The combination of a small size, the nature of the tasks performed and the widespread use of such vessels is one of the positive factors for the introduction of unmanned technologies on these vessels. There is a wealth of experience in equipping traditional port tugs with different types of fender protection, which is advisable to use to determine the equipment of unmanned vessels. The fender protection must be installed depending on the conditions in which production tasks will be performed, in addition, high operational requirements must be imposed on the fenders, due to the absence of people on board who can fix the separation of the protection and take measures to replace it in a timely manner. These conditions may depend on the types of production tasks that an unmanned port tug will perform. For example, the mooring of a bulk carrier and a tanker has some features, and entails the need to change the fender protection. Also, the various designs of the fender protection elements currently used on port tugs are analyzed in the paper. It allows structuring the main features when choosing a fender protection for an unmanned port tug, such as the towing method, the size of the tug, the size of the contact spot and other conditions.

Keywords: Unmanned tug, fender protection, navigation safety system, unmanned harbor tugs, tug fender protection.

For citation:
Danilov, Oleg O. "Features of fender protection application on uncrewed port tugs." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 15.3 (2023): 416–425. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-3-416-425.

УДК 656.61.052

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРАНЦЕВОЙ ЗАЩИТЫ НА БЕЗЭКИПАЖНЫХ ПОРТОВЫХ БУКСИРАХ

О. О. Данилов

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

В работе рассмотрены варианты кранцевой защиты традиционных портовых буксиров и возможность применения этой защиты на безэкипажных судах данного типа. Исследованы основные элементы такой защиты. Отмечается, что в настоящее время технический уровень механизмов, приборов и программного обеспечения позволяют создавать беспилотные и безэкипажные суда. Одним из перспективных направлений при разработке таких судов являются портовые буксиры, поскольку они, обладая по сравнению с речными и морскими судами небольшими габаритами, выполняют производственные задачи на акватории порта и подходах к нему. Неотъемлемой частью работы портового буксира-кантовщика (эскортного буксира) являются навалы, подходы вплотную к буксируемому объекту или судну. Исследованы разные типы кранцевой защиты, которые целесообразно использовать для определения оснащенности безэкипажных судов. Особое внимание обращается на то, что к кранцам должны предъявляться высокие эксплуатационные требования ввиду отсутствия на борту людей, которые могут зафиксировать неисправность и принять соответствующие меры для ее устранения. Изменения кранцевой защиты зависят от видов

производственных задач, которые будет выполнять безэкипажный портовый буксир (например, особенности швартовки балкера и танкера). Рассмотрены и проанализированы различные типы и элементы конструкции кранцевой защиты, применяемые в настоящее время на портовых буксирах, что позволило структурировать основные ее особенности при выборе кранцевой защиты для безэкипажного портового буксира, такие как метод буксировки, размер буксира, размер пятна контакта и др. Особое внимание уделено рассмотрению факторов, обеспечивающих надежную эксплуатацию кранцевой защиты, и решения по проведению ее оперативного ремонта.

Ключевые слова: безэкипажный буксир, кранцевая защита, система безопасности плавания, беспилотные портовые буксиры, кранцевая защита буксира.

Для цитирования:
Данилов О. О. Особенности применения кранцевой защиты на безэкипажных портовых буксирах / О. О. Данилов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2023. — Т. 15. — № 3. — С. 416–425. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-3-416-425.

Введение (Introduction)

Для успешного выполнения производственной задачи безэкипажному портовому буксиру, как и традиционному, необходима надежная кранцевая защита.Кранцами называются специальные защитные устройства для судов, целью которых является защита корпуса от взаимодействия с другими судами, объектами буксировки. Кранцевая защита, установленная на буксире, препятствует деформации борта путем поглощения энергии удара, а также ее распределения по площади пятна контакта. Безэкипажным буксирам, как правило, необходимо работать у кормы или у бака судна, где выступы и выпуклости конструкции буксируемого судна особенно выражены. Кранцевая защита буксира должна располагаться таким образом, чтобы риск повреждения от столкновения с кормой или баком, а также при качке у борта судна исключались. Кранцевая защита предназначена для защиты как буксира, так и буксируемого судна от повреждений, а кроме того, она позволяет сократить риск соскальзывания вдоль борта в процессе толкания под углом к корпусу буксируемого судна. В ходе выполнения буксиром производственных задач важно соблюдать требования по безопасной эксплуатации, одним из которых является *кранцевая защита*.

Кранцы изготавливают в основном из резины или синтетических заменителей. Помимо технических требований к прогибу и поглощению энергии под нагрузкой, при использовании различных методов крепления и конструкционных ограничений, внимание следует уделить и материалам кранца [1]. Эти материалы должны быть устойчивы к загрязнению, ультрафиолетовому излучению, высоким и низким температурам. Безэкипажным буксирам необходима кранцевая защита. Важно учитывать не только особенности выполнения производственных задач, но и такие факторы, как акватория порта, погодные условия, а также особенности безэкипажных и беспилотных буксиров.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Кранцевая защита играет важную роль при выполнении производственной задачи безэкипажным портовым буксиром. Без нее или при поврежденной кранцевой защите выполнение производственной задачи становится небезопасным или даже невозможным [2]. Повреждение кранцевой защиты возможно получить нетолько во время работы сбуксируемым объектом, но и вследствие неблагоприятных погодных условий, при которых возможно повреждение или частичная потеря кранцевой защиты (рис. 1 и 2).

Существуют разные типы и элементы кранцевой защиты. *Первый тип* — кранцы из штампованного (экструдируемого) профиля, свариваемые системы кранцев с металлической опорой, кранцы, изготовленные из автомобильных покрышек. Кранцы из штампованного (экструдируемого) профиля — один из самых распространенных видов. Экструдированные кранцы производят различной длины, формы и размеров: полые прямоугольные и цилиндрические, полнотелые, повторяющие изгибы корпуса буксира, скошенные, перфорированные. Экструдированные кранцы являются весьма гибкими в плане дизайна [3].

Рис. 1. Следование буксира на акватории порта Усть-Луга к месту работ при неблагоприятных погодных условиях

Рис. 2. Следование буксира на акватории порта Усть-Луга к месту проведения ремонтных работ кранцевой защиты

Экструзия — способ производства, при котором невулканизованная резиновая смесь проходит через головку экструдера, принимает необходимую форму и затем вулканизуется. Отлитые модули кранцевых блоков обладают всеми преимущества *экструзируемых* и кроме того, позволяют надежно их крепить и ремонтировать, так как отдельные блоки можно легко заменять (рис. 2). Следующий тип — свариваемые системы кранцев с металлической опорой, используемые в случаях, когда необходимо надежное крепление. Бак или корма буксира могут быть оборудованными горизонтальной системой кранцев, например, экструзированных цилиндрической формы или вертикальными блоками. Часто используют комбинацию этих типов. Блочные кранцы поддаются легкой замене в случае повреждения и весьма подходят для вертикального ограждения кормы и носовой части, где износ особо велик (рис. 3).

Некоторые типы кранцев включают покрышки грузовиков, которые вырезают под необходимый размер и усиливают стальными прутами. Существует отдельный тип, характеризующийся большой поглощающей способностью и мягкостью, что позволяет иметь большую площадь соприкосновения и «приклеивание» под нагрузкой.

Буксиры могут быть оснащены пневматическими или заполненными пеной кранцами, особенно в сложных районах плавания. Иногда необходимо использовать кранцы, не оставляющие следов, например, при работе с судами, корпуса которых белого или серого цвета, пассажирскими

или военными [4]. В данном случае могут использоваться пеньковые кранцы в дополнение к обычным, а также кранцы из серой резины.

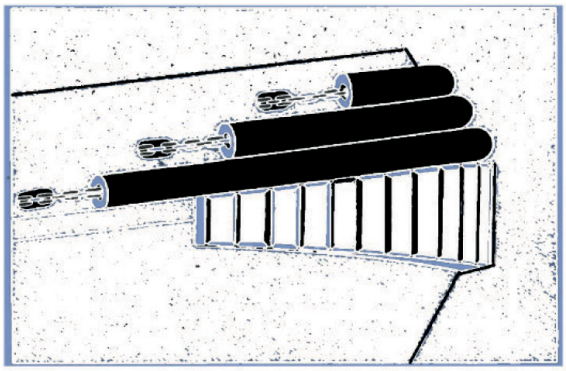


Рис. 3. Элементы кранцевой защиты носа буксира для работы на «укол» при высокой зыби

Носовые кранцы должны иметь большую поверхность контакта и радиус для того, чтобы снизить давление на корпус судна. Это же справедливо и для кормовых кранцев толкающих буксиров, так как для этого они используют свою корму. Кранцы из автомобильных покрышек часто используют в дополнение к кормовым и носовым кранцам, чтобы увеличить площадь соприкосновения, а также по бортам, так как в данном случае при повреждении их можно сравнительно легко заменить [4]. Материал кранца должен иметь высокий коэффициент трения, чтобы обеспечить положения кормы или бака буксира при толкании под углом к корпусу судна. Проскальзывание вдоль корпуса судна, причала, других буксиров, а также бортовая и килевая качка у борта судна, вызванная морским волнением, могут легко повредить кранцы буксира.

Во избежание раннего износа кранцевого ограждения (например, по бортам буксира или в местах, где контакт не требуется) могут использоваться кранцы с малым коэффициентом трения. Некоторые типы кранцевого устройства могут оснащаться системой подачи воды в зону контакта кранцев, что позволяет снизить коэффициент трения. Данный подход позволяет предотвратить повреждения кранцев, особенно при толкании судов с отвесными бортами при волнении моря. Такие устройства распространены, например, на буксирах в порту Гонг-Конга (рис. 4 [1]).

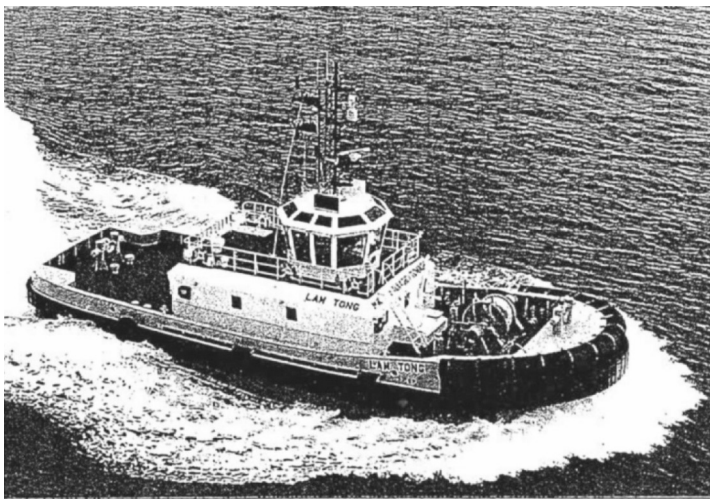


Рис. 4. Буксир «Лэм Тонг»

Еще одним важным фактором для обеспечения надежной кранцевой защиты является высота расположения носового кранца относительно воды. При толкании под углом к борту буксируемого

судна, имеющего передний или задний ход, гидродинамические силы, направленные на буксир, создают дополнительный кренящий момент, который проявляется образованием крена [5]. Чем выше расположен носовой кранец относительно поверхности воды, тем выше влияние на критерии остойчивости буксира.

Обсуждение(Discussion)

С практической точки зрения для выполнения производственных задач безэкипажным портовым буксиром могут быть использованы носовые элементы кранцевой защиты. На рис. 5 приведен вариант носового элемента кранцевой защиты цилиндрического типа указанного в табл. 1 размера. Носовые элементы кранцевой защиты цилиндрического типа часто используются в качестве носовых кранцев для работы буксира на укол.

а) б)

в)

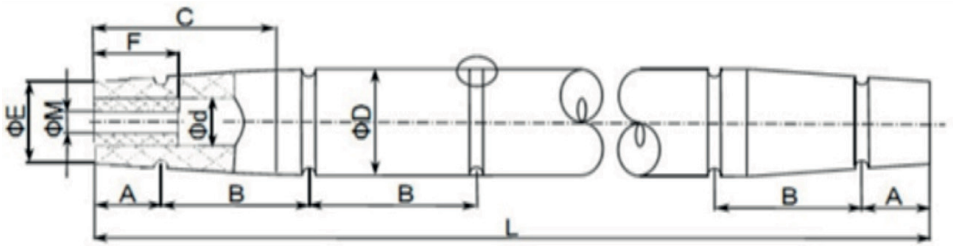


Рис. 5. Носовой элемент кранцевой защиты цилиндрического типа:
а — закреплен на буксире; *б* — общий вид; *в* — чертеж

Таблица 1

Размеры носового элемента кранцевой защиты цилиндрического типа

×*d*	*E*	A_{max}	B_{max}	*C*	*M*	*F*	Вес, кг/м
600 × 300	450	300	800	900	125	500	305
500 × 250	375	400	750	900	100	500	195
200 × 100	170	200	335	500	75	300	35

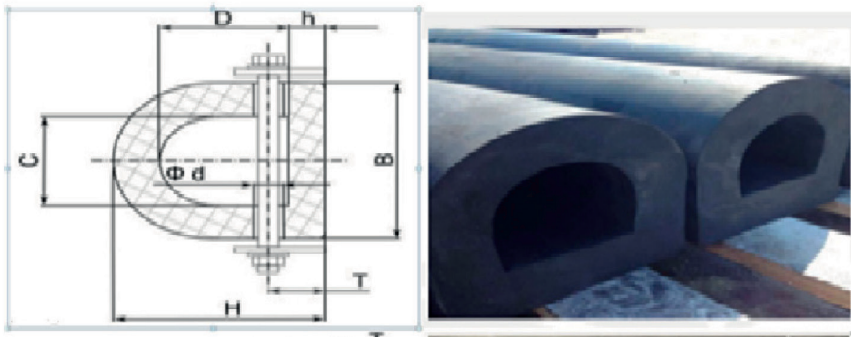
Через центр таких кранцев проходит продольная цепь, кранцы по окружности дополнительно поддерживаются стропами или цепями, для которых предусмотрены канавки; подходят для установки на нос или корму безэкипажного портового буксира (рис. 5). *W*- и *M*-образные кранцы (рис. 6) имеют большие контактные поверхности с целью уменьшения давления на корпус. Рифленые поверхности обеспечивают отличное сцепление.

Вид этих кранцев предназначен для применения в условиях открытого моря. Гибкие опоры позволяют устанавливать по кривой, почти по всем изгибам корпуса. Устанавливаются в основном на ледоколах и морских буксирах. Малоприменимы для кранцевой защиты безэкипажного портового буксира. Привальный *D*-образный кранец широко используется для построения кранцевой защиты буксиров с борта и кормы. Бывают *D*-образного и круглого внутреннего диаметра (см. рис. 6 и табл. 2).

а) б)

Рис. 6. Элементы кранцевой защиты:
а — *W*-образные; *б* — *M*-образные кранцы

а)



б)

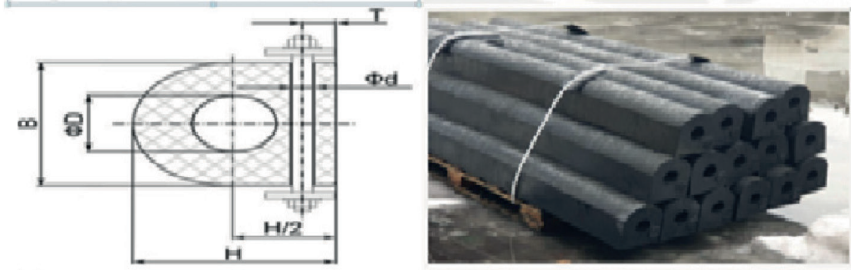


Рис. 7. Привальные кранцы:
а — *D*-образный диаметр; *б* — круглый диаметр

Таблица 2

Размеры элемента кранцевой защиты привальный брус

Размер, мм	Тип	Вес, кг
80 × 80 × 2000	DC-42	18
100 × 100 × 2000	DD-50	20
120 × 90 × 2000	DD-90×60	18
125 × 160 × 2000	DC-50	61
150 × 150 × 2000	DC-75	40
200 × 200 × 2000	DD-100	72
250 × 250 × 3000	DD-120	180
300 × 300 × 2000	DD-150	180
300 × 300 × 3000	DC-125	300
300 × 300 × 4000	DC-150	360
350 × 350 × 2000	DD-175	202
400 × 400 × 2000	DD-200	320
500 × 500 × 3000	DC200/250	600

Блочные кранцы, предназначенные для тяжелых условий эксплуатации, рассчитаны на большие нагрузки и применимы для усиления кранцевой защиты в критических местах (рис. 8).

а) б)

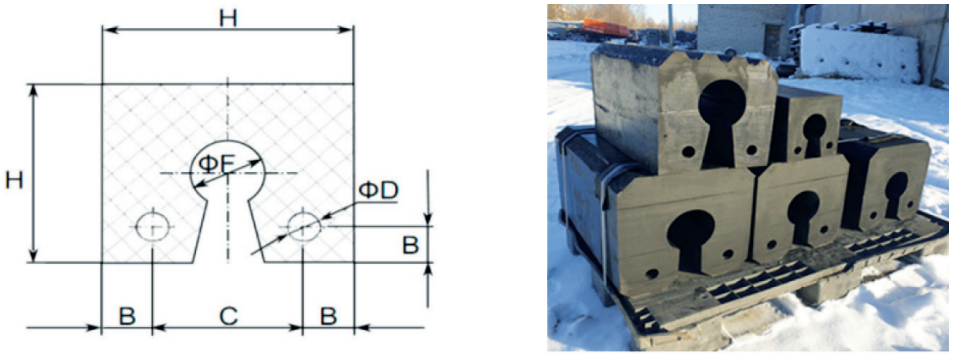


Рис. 8. Блочные кранцы: *а* — чертеж; *б* — фото

Кранцевая защита безэкипажного портового буксира может быть усилена с помощью кранцев изготовленных из автомобильных покрышек грузовиков, бывших в употреблении (рис. 9).

Рис. 9. Усиление кранцевой защиты
в носовой части автомобильными покрышками

Рассмотренные ранее элементы кранцевой защиты буксиров могут быть использованы для построения кранцевой защиты безэкипажного портового буксира (рис. 10 и табл. 3). При выполнении производственной задачи безэкипажным портовым буксиром, как и традиционным буксиром, временами происходит повреждение элементов кранцевой защиты, что делает невозможным выполнение следующей производственной задачи вплоть до вывода буксира из эксплуатации [6], [7].

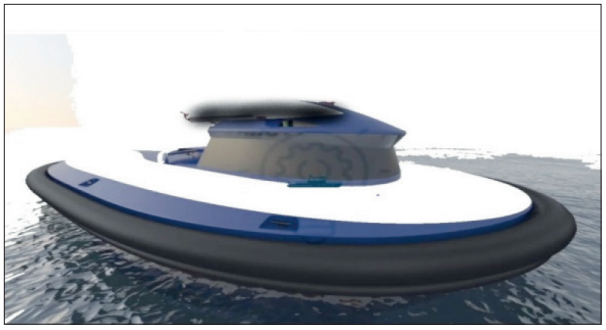


Рис. 10. Минимальная кранцевая защита
безэкипажного буксира

Таблица 3

Размеры и варианты элементов кранцевой защиты для безэкипажного портового буксира

<table>
<tr><td rowspan="10">Безэкипажный буксир</td><td colspan="8">Элементы кранцевой защиты</td></tr>
<tr><td colspan="8">Носовой элемент кранцевой защиты цилиндрического типа</td></tr>
<tr><td>×d</td><td>E</td><td>A_{max}</td><td>B_{max}</td><td>C</td><td>M</td><td>F</td><td>Вес, кг/м</td></tr>
<tr><td>500 · 250</td><td>375</td><td>400</td><td>750</td><td>900</td><td>100</td><td>500</td><td>195</td></tr>
<tr><td colspan="8">Привальный D-образный кранец</td></tr>
<tr><td colspan="3">Размер, мм</td><td colspan="3">Тип</td><td colspan="2">Вес, кг</td></tr>
<tr><td colspan="3">200×200×2000</td><td colspan="3">DD-100</td><td colspan="2">72</td></tr>
<tr><td colspan="8">Возможно усиление из кранцев, изготовленных
из авиационных или автомобильных покрышек</td></tr>
<tr><td colspan="8">Установка в критических местах соприкосновения
с буксируемым объектом (носовая и бортовые части безэкипажного буксира)</td></tr>
</table>

Рис. 11. Вариант временного решения при повреждении носового кранца

Многие элементы кранцевой защиты устанавливаются в заводских условиях, поэтому при серьезных повреждениях произвести должный ремонт у причала не представляется возможным. Вес кранцев, изготавливаемых из автомобильных покрышек грузовиков, составляет 100–300 кг. Для установки дополнительной кранцевой защиты из автомобильных покрышек (рис. 11) был использован кран с другого буксира.

Заключение

В работе проанализированы различные конструкции элементов кранцевой защиты, применяемых в настоящие время на портовых буксирах [8]–[12], что позволило структурировать основные возможности при выборе кранцевой защиты для безэкипажного портового буксира:

1) метод буксировки, например, с помощью буксирного троса или пуш-пул; будет ли буксир толкать кормой или носовой частью;

2) размер буксира и мощность двигателя являются важными факторами при расчете горизонтальной нагрузки и кинетической энергии, передаваемой во время работы с буксируемым объектом;

3) размер рабочей поверхности элементов кранцевой защиты с буксируемым объектом;

4) тип и размер буксируемых судов, например, с большим развалом носовых шпангоутов или нависающей кормой. Буксирам в таких случаях необходима дополнительная защита верхней части бака во избежание повреждения обоих судов при работе на укол;

4) погодные условия, такие как волны и зыбь, создадут дополнительную нагрузку на кранцы, что должно быть учтено конструкцией кранцевой защиты безэкипажного портового буксира;

5) устройство кормы и бака безэкипажного портового буксира.

Создание эффективной кранцевой защиты для безэкипажного портового буксира представляется возможным с учетом рассмотренных факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tug Use in Port: A Practical Guide. — 2nd edition. — The Nautical institute, 2003. — 174 p.

2. *Зеленков Г. А.* Проблемы создания беспилотных портовых буксиров-кантовщиков и концептуальные пути их решения / Г. А. Зеленков, В. В. Устинов, Л. М. Лопатин // Морские интеллектуальные технологии. — 2019. — № 4–3 (46). — С. 111–119.

3. *Данилов О. О.* Особенности реализации без экипажной схемы управления морским портовым буксиром / О. О. Данилов, В. В. Каретников, Я. В. Косяк // Символ науки. — 2019. — № 4. — С. 38–40.

4. *Питерский Б. П.* Метод управления группой однотипных безэкипажных буксиров в задаче буксировки судна с использованием нечеткой логики / Б. П. Питерский, А. И. Яшин // Изв. СПбГЭТУ ЛЭТИ. — 2020. — № 4. — С. 18–22.

5. Пат. 173479 Российская Федерация, МПК B63B 35/08, B63B 35/10. Портовый буксир с ледовыми зубьями и резонансными вертикальными колебаниями корпуса для разрушения льда / Ю. А. Чашков, Р. Ю. Чашков; заяв. и патентообл. Ю. А. Чашков, Р. Ю. Чашков. —№ 2017108179; заявл. 13.03.2017, опубл. 29.08.2017, Бюл. № 25.

6. *Егоров Г. В.* Мелкосидящий ледокольный буксир для «норильского никеля» / Г. В. Егоров, О. А. Кардаш, Н. В. Автутов // Судостроение. — 2010. — № 5 (792). — С. 9–14.

7. *Устинов В. В.* Вопросы подготовки и дипломирования капитанов буксирных судов / В. В. Устинов, Э. Э. Субанов // Эксплуатация морского транспорта. —2020. —№ 1(94). —С. 18–31. DOI: 10.34046/aumsuomt94/4.

8. *Изотов О. А.* Организация работы буксирной компании на акватории порта «Большой порт Санкт-Петербург / О. А. Изотов // Системный анализ и логистика. — 2020. — № 2 (24). — С. 3–12.

9. *Герасимова А. А.* Практические аспекты оценки стоимости морских и речных судов / А. А. Герасимова, Т. В. Учинина // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 3. — С. 309.

10. *Гуров П. В.* Управляемость буксирного состава в сложных путевых и метеорологических условиях: дис. … канд. техн. наук / П. В. Гуров. — Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2013. — 179 с.

11. *Котков С. А.* Выбор судна-прототипа для проектирования сибирского буксира-толкача / С. А. Котков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2017. — № 1–2. — С. 26–29.

12. *Киреев В. Н.* Буксиры проектам ЦКБ «Балтсудопроект» / В. Н. Киреев, Е. С. Былинович, Ю. И. Рязанцев // Судостроение. — 2007. — № 3 (772). — С. 25–29.

REFERENCES

1. *Tug Use in Port: A Practical Guide*. 2nd edition. The Nautical institute, 2003.

2. Zelenkov, Gennady A., Victor V. Ustinov, and Mikhail S. Lopatin. “Problems of creation of unmanned port tugs and conceptual ways of solving them.” *Marine intellectual technologies* 4–3(46) (2019): 111–119.

3. Danilov, O. O., V. V. Karetnikov, and Ya. V. Kosyak. “Osobennosti realizatsii bezekipazhnoi skhemy upravleniya morskim portovym buksirom.” *Simvol nauki: mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal* 4 (2019): 38–40.

4. Peterskiy, Boris Pavlovich, and Aleksandr Ivanovych Yashin. “A control method for a group of the same type of crewless tugs in the task of towing a vessel using fuzzy logic.” *Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University* 4 (2020): 18–22.

5. Chashkov, Yu. A., and R. Yu. Chashkov. RU 173479 U1, IPC B63B 35/08, B63B 35/10. Portovyi buksir s ledovymi zub’yami i rezonansnymi vertikal’nymi kolebaniyami korpusa dlya razrusheniya l’da. Russian Federation, assignee. Publ. 29 Aug. 2017.

6. Egorov, G. V., O. A. Kardash, and N. V. Avtutov. “Shallow draught tug for “Norilsk Nickel”.” *Shipbuilding* 5(792) (2010): 9–14.

7. Ustinov, V. V., and E. E. Subanov. “Issues of training and certification of tugboat captains.” *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 1(94) (2020): 18–31. DOI: 10.34046/aumsuomt94/4.

8. Izotov, Oleg Al’bertovich. “Organization of the work of the towing company at the port area “Bol`shoj port of St. Petersburg”.” *Sistemnyi analiz i logistika* 2(24) (2020): 3–12.

9. Gerasimova, A. A., and T. V. Uchinina. “Practical aspects of valuation sea and river vessels.” *Modern problems of science and education* 3 (2014): 309.

10. Gurov, P. V. Upravlyaemost’ buksirnogo sostava v slozhnykh putevykh i meteorologicheskikh usloviyakh. PhD diss. N. Novgorod: NGTU im. RE Alekseeva, 2013.

11. Kotkov, S. A. “Selection of the prototype vessel for designing the Siberian towing-potential.” *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal’nego Vostoka* 1–2 (2017): 26–29.

12. Kireev, V. N., E. S. Bylinovich, and Yu. I. Ryazantsev. “Tugs constructed under the TSKB Baltsudoproekt’s projects.” *Shipbuilding* 3(772) (2007): 25–29.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Данилов Олег Олегович —
доцент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
e-mail: *oleg-danelov@yandex.ru*

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Danilov, Oleg O. —
Associate professor
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation
e-mail: *oleg-danelov@yandex.ru*

Статья поступила в редакцию 27 октября 2022 г.
Received: October 27, 2022.