

УДК 629.561.11

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА ПОРТОВЫХ БУКСИРОВ-КАНТОВЩИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБЛИЖЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В РАЗНЫХ ПОРТАХ МИРА

А.С. Реуцкий, канд. техн. наук, ФАУ «Российский морской регистр судоходства», 191181 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: reutskii.as@rs-class.org

Р.Ю. Романов, АО «ЦНИИМФ», 191015 Россия, Санкт-Петербург, Кавалергардская ул., 6А, e-mail: romanovry@cniimf.ru

Д.С. Семионичев, канд. техн. наук, ФАУ «Российский морской регистр судоходства», 191181 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: semionichev.ds@rs-class.org

В работе рассматриваются зарубежные правила назначения количества и мощности буксиров-кантовщиков в разных портах. Целью исследования является обзор способов назначения количества и мощности буксиров-кантовщиков в различных портах мира и определение состава буксирного ордера для осуществления буксирных операций в стесненной акватории применительно к транспортным судам востребованных типоразмеров. Задачей исследования стало установление зависимости между размером транспортных судов и технико-эксплуатационными характеристиками буксиров-кантовщиков для их обработки согласно различным зарубежным методикам. Для выполнения этой задачи обобщены и проанализированы материалы исследований отечественных и зарубежных ученых, а также профильных руководящих документов; исследованы и сопоставлены правила назначения количества и мощности буксиров-кантовщиков в разных портах.

Использованный подход позволил определить варианты количества и мощности буксиров-кантовщиков применительно к транспортным судам востребованных типоразмеров в соответствии с зарубежными правилами разных портов. Это потенциально поможет понять, в каких портах эти требования наиболее близки к требованиям обязательных постановлений капитанов морских портов Российской Федерации. Также проведенное исследование позволило сделать вывод о том, что более удобным критерием выбора буксирного звена, потребного для кантовки и буксировки транспортных судов является не механическая мощность его главных двигателей, а развиваемая им сила тяги на гаке на переднем ходу.

Ключевые слова: буксир-кантовщик, обязательные постановления, порт, тяга на гаке.

METHODS FOR DETERMINING THE REQUIRED NUMBER OF HARBOUR TUGS USING APPROXIMATE DEPENDENCIES IN DIFFERENT PORTS OF THE WORLD

A.S. Reutskii, PhD, FAI Russian Maritime Register of Shipping, 191181 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: reutskii.as@rs-class.org

R.Yu. Romanov, Central Marine Research and Design Institute (CNIIMF), 191015 Russia, St. Petersburg, Kavalergardskaya ul., 6A, e-mail: romanovry@cniimf.ru

D.S. Semionichev, PhD, FAI Russian Maritime Register of Shipping, 191181 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: semionichev.ds@rs-class.org

The article examines foreign norms for determining the number and carrying capacity of harbour tugs in various ports. The purpose of the study is the analysis of different approaches as well as parameters of tugs for towing operations in confined operation areas based on the size of transport vessels. The result of study is the identification of the interrelation between the size of transport vessels and the operational characteristics of harbour tugs for their processing. Options were determined for the number and capacity of harbour tugs in relation to transport vessels of the required standard sizes in accordance with foreign rules of different ports. This will potentially help to understand in which ports these requirements are closest to the requirements of mandatory regulations of the Russian Federation seaport captains. The research also allowed to conclude that a more convenient criterion for selection of a towing connection required for tugging and towing of transport vessels is not the mechanical power of its main engines, but the tractive force on the hook developed at headway movement.

Keywords: harbour tug, mandatory regulations, port, tractive force on the hook.

ВВЕДЕНИЕ

Рост грузооборота в портах РФ зачастую может быть ограничен пропускной способностью порта, в частности отсутствием должного буксирного обеспечения. В настоящий момент количество и характеристики буксиров для транспортных судов соответствующего типоразмера определяются Обязательными постановлениями капитанов портов Российской Федерации, например [1]. Рекомендации по выбору количества и характеристик буксиров в них зачастую основаны на методическом аппарате, представленном в документах по стандартизации [2 — 4] и используемом в исследованиях [5 — 8].

При этом становится очевидно, что свод правил [4] не учитывает требования, связанные с ледовой обстановкой в порту и ее влиянием на ледовый класс и мощность ЭУ буксира, что приводит к занижению мощности портовых буксиров для замерзающих портов. Также следует упомянуть о том, что выбор буксиров в данной методике производится на основе мощности их главных двигателей, а не тяги, между тем современный буксир с меньшей мощностью может иметь тягу большую, чем буксир с большей мощностью более ранних лет постройки, да и сама тяга буксира зависит от типа движителя: винта, винторулевой колонки, крыльчатого движителя (рис. 1).

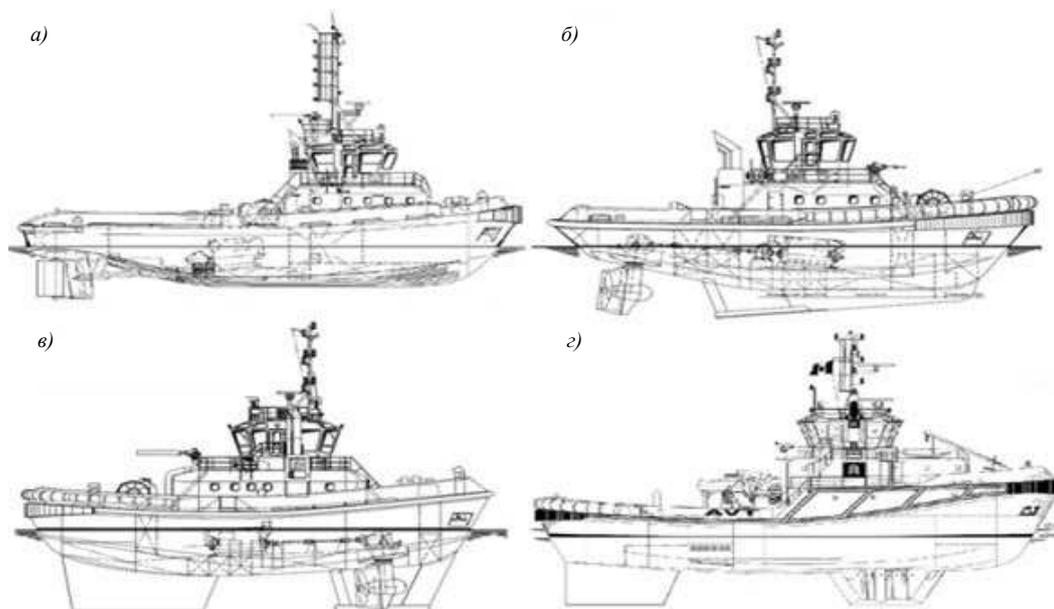


Рис. 1. Пропульсивный комплекс буксиров-кантовщиков: а — винт фиксированного шага в насадке (без ПУ/ВРК); б, в — различные варианты винторулевых колонок; г — крыльчатый движитель

Нормы буксирного обеспечения установлены на основе предельных значений ветра и волнения без учета индивидуальных особенностей портов: района расположения, климатических особенностей и т. д. Таким образом, использование только этой методике для нового портопункта может привести к необходимости обоснования отступлений от ее требований. В этих целях можно и целесообразно использовать зарубежный опыт в решении вопросов назначения количества и мощности буксиров-кантовщиков. В данном исследовании представлены основные способы определения количества и характеристик буксиров-кантовщиков в различных портах мира.

1. ПОРТ ГЁТЕБОРГ, ШВЕЦИЯ

Для определения необходимого количества портовых буксиров-кантовщиков в порту Гётеборг (Швеция) используются таблицы, в которых представлено отношение наибольшей длины судна (L_{oa}) и необходимого для подхода и отхода судов количества и мощности буксиров-кантовщиков для каждого терминала или причала (группы причалов) в порту.

Дополнительным критерием выбора количества буксиров-кантовщиков является организация пропульсивно-рулевого комплекса у принимаемого транспортного судна. При этом в [9] отдельно указано, какой тип пропульсивного комплекса является высокоэффективным. Подробное описание правил представлено в табл. 1 на примере бухты Торнсхаммен.

Таблица 1

Потребное количество буксиров для судов, прибывающих в Торнсхаммен и оснащенных различными типами пропульсивного комплекса [9]

| L_{oa} , м | Устройство пропульсивного комплекса | | | | | |
|--------------|-------------------------------------|------------|-----|--|---|-------------------------------------|
| | Прибытие или отправление | Без ПУ/ВРК | НПУ | НПУ ¹ + высокоэф. РУ ² | НПУ ¹ + КПУ ³ или ВРК | НПУ ¹ + 2 винта + 2 руля |
| 100 ... 139 | Подход | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Отход | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 140 ... 179 | Подход | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Отход | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 180 ... 239 | Подход | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Отход | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 240 ... 289 | Подход | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | Отход | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ≥ 290 | Подход | 4* | 4* | 4* | 4* | 4* |
| | Отход | 4* | 4* | 4* | 4* | 4* |

¹ — носовое подруливающее устройство;
² — высокоэффективным рулевым устройством может быть руль Шиллинга, Беккера или другой тип руля с аналогичной функциональностью;
³ — кормовое подруливающее устройство;
* — только буксиры с усилием на гаке более 50 тс.

Как видно из представленных таблиц, отбытие из Торнсхаммена требует в ряде случаев меньшего количества буксиров, что может быть обусловлено конфигурацией порта. Также следует отметить, что в правилах рассматриваемого порта большое внимание уделено устройству пропульсивного комплекса транспортных судов, чьи качества в конечном итоге влияют на необходимое количество и мощность буксиров, что показано на рис. 2.

2. ПОРТ ГОНКОНГ, КНР

Правила, определяющие необходимые параметры буксиров в порту Гонконг представлены ниже [10]. При этом принято правило, что буксиры условно разделены на два типа: первый — мощностью от 917 кВт до 1912 кВт (от 1248 л.с. до 2600 л.с.), второй — от 1912 кВт и выше.

Для этих типов буксиров введены дополнительные условия по тяговой характеристике и представлено соответствие буксира транспортному судну определенной длины и осадки (табл. 2).

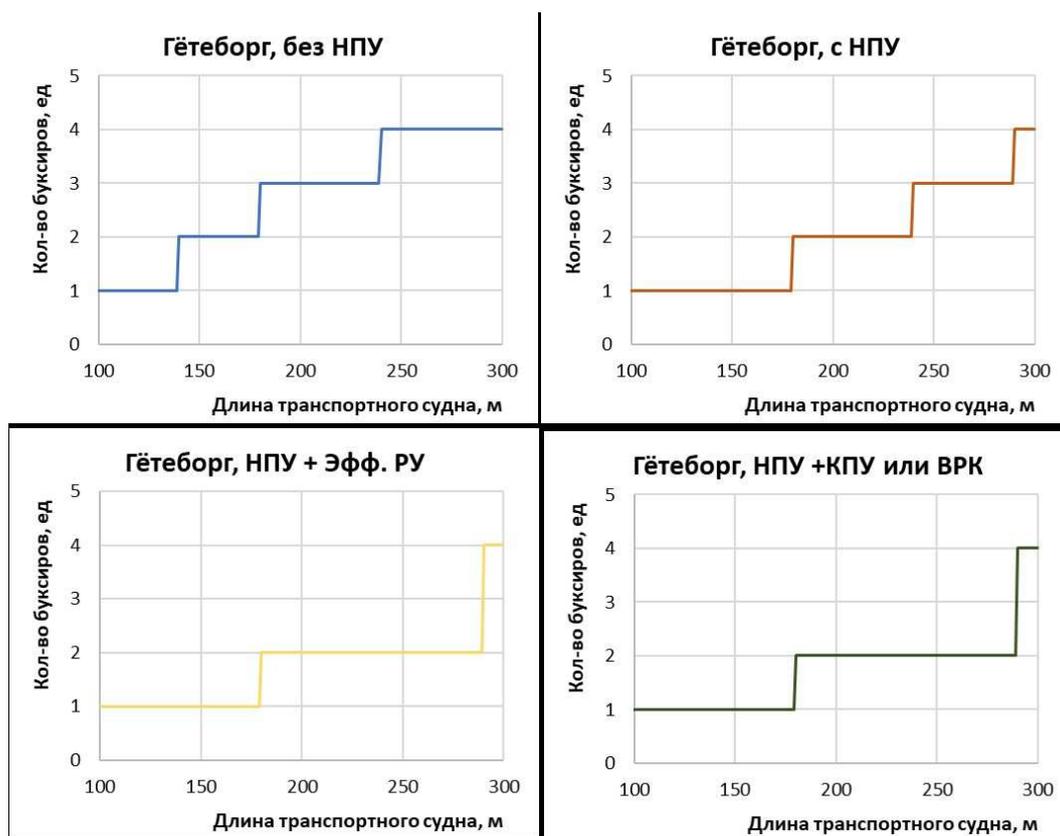


Рис. 2. Потребное количество буксиров для судов, пребывающих в Торншаммен и оснащенных различными типами пропульсивного комплекса

Таблица 2

Критерии использования буксиров в порту Гонконг

| Тип буксира | Мощность буксира, кВт | Тяга, тс | Параметры транспортного судна |
|-------------|-----------------------|-----------|---------------------------------------|
| I | $\geq 4413,0$ | ≥ 78 | $L_{oa} > 370$ м и $d > 14$ м* |
| | $\geq 3677,5$ | ≥ 62 | $L_{oa} > 350$ м** |
| | $\geq 2942,0$ | ≥ 52 | $L_{oa} > 300$ м и $d > 12,5$ м |
| | $\geq 2647,8$ | ≥ 50 | $L_{oa} > 300$ м и $d > 12,5$ м |
| | $\geq 2353,6$ | ≥ 42 | $L_{oa} \leq 300$ м и $d \leq 12,5$ м |
| | $\geq 2206,5$ | ≥ 38 | $L_{oa} \leq 300$ м и $d \leq 12,5$ м |
| | $\geq 1912,3$ | ≥ 35 | $L_{oa} \leq 200$ м |
| II | $\geq 882,6$ | ≥ 18 | Не применяется |

* — 2 буксира, причем мощность первого $\geq 4413,0$ кВт, второго $\geq 3677,5$ кВт;
 ** — 1 буксир мощностью $\geq 3677,5$ кВт; или 2 буксира мощностью по $\geq 3677,5$ кВт, если осадка транспортного судна $> 14,0$ м.

Несмотря на представленное в таблице соответствие мощности и тяги буксира определенным типоразмерам транспортных судов, то есть, по сути, наличие упрощенного алгоритма выбора буксира, дальше этого авторы не пошли и возложили функцию выбора количества буксиров и их параметров на лоцманов. В дополнение к этому в приложениях к [10] представлены параметры всего портового флота буксиров и справочные материалы, в которых для каждого терминала порта и для каждого варианта заходящих и отбывающих судов представлены параметры буксировки с указанием количества и параметров, а в некоторых случаях даже названия используемых при этом буксиров.

3. ПОРТ ДАРВИН, АВСТРАЛИЯ

Для определения необходимого количества портовых буксиров-кантовщиков в порту Дарвин (Австралия) используется табл. 3, в которой представлено отношение наибольшей длины судна (L_{oa}) и необходимого для подхода и отхода транспортных судов количества и мощности буксиров-кантовщиков для каждого терминала или причала (группы причалов) в порту в зависимости от параметров судна (высоты борта, осадки, наличия ПУ и т. д.), а также приливно-отливных течений и борта, которым судно подходит к причалу.

В табл. 3 использованы следующие обозначения: С — буксир с тягой на гаке от 10 до 48 тс; А — буксир с тягой >48 тс; W — лоцманский катер, оборудованный буксирным устройством с необозначенной (но, очевидно, меньшей 10 тс) тягой на гаке.

Таблица 3

Критерии использования буксиров в порту Дарвин при подходе судна левым бортом

| Длина судна, L_{oa} , м | <90 | | 90 ... 120 | | 120 ... 160 | | 160 ... 200 | | >200 | |
|---|---|------|------------|------|-------------|------|-------------|------|-------|------|
| | подх. | отх. | подх. | отх. | подх. | отх. | подх. | отх. | подх. | отх. |
| Прилив | | | | | | | | | | |
| Нет ПУ | W | W | C | C | AC | AC | AA | AA | AAA | AAA |
| Есть ПУ | — | — | — | — | C | C | A | A | AA | AA |
| Высокий борт* | WW/C | W | C | C | AC | AC | AA | AA | AAA | AAA |
| Осадка > 8 м | — | — | — | — | AA | AA | AA | AA | AAA | AAA |
| Танкеры | C | C | AC | AC | AA | AA | AA | AA | AAA | AAA |
| Отлив | | | | | | | | | | |
| Нет ПУ | WC | C | WC | C | AC | AC | AA | AA | AAAA | AAA |
| Есть ПУ | C | C | C | C | C | C | AA | AA | AAA | AAA |
| Высокий борт* | C | C | WC | C | AC | AC | AA | AA | AAA | AAA |
| Осадка > 8 м | Требуется согласование | | | | | | | | | |
| Танкеры | Танкеры и суда длиннее 140 м должны причаливать только в прилив | | | | | | | | | |
| * — к судам с высоким бортом относятся автомобилевозы, скотовозы, контейнеровозы, Ро-Ро, но не пассажирские суда. | | | | | | | | | | |

Таким образом, при назначении буксирного ордера здесь учитываются типоразмер транспортного судна (через длину и осадку), борт, которым транспортное судно будет пришвартовано, приливно-отливные течения и наличие носового подруливающего устройства. Что касается последнего, то регламентируется не только факт наличия носового ПУ, но и его мощность. На графике (рис. 3) все, что находится выше графика, — допустимые значения мощности носового ПУ транспортного судна, а все, что ниже, — недопустимые значения мощности носового ПУ транспортного судна.



Рис. 3. Алгоритм определения параметра «наличие ПУ» транспортного судна для определения необходимого количества буксиров и их мощности в порту Дарвин (Австралия)

4. ПОРТ КОБЕ, ЯПОНИЯ

Для определения потребного количества портовых буксиров-кантовщиков в порту Кобе (Япония) используются табл. 4 и 5, в которых представлено отношение валовой вместимости судна и потребного для подхода и отхода судов количества и мощности буксиров-кантовщиков.

Дополнительным критерием выбора типа буксира-кантовщика является наличие ПУ у транспортного судна и его (ПУ) мощность. При этом в [11] отдельно указано, что тип и количество буксиров могут варьироваться в зависимости от наличия буксира, погодных условий, маневренности транспортного судна, типа судна и ситуации у причала, однако никаких дополнительных пояснений на этот счет не представлено.

Таблица 4

Критерии использования буксиров для судов, оснащенных носовыми подруливающими устройствами

| Валовая вместимость транспортного судна, GRT | Мощность ПУ, кВт | Буксиры |
|--|------------------|--|
| < 5000 | < 294 | 1 × (1764 кВт ... 1911 кВт) |
| 5000 ... 7000 | < 441 | 1 × (1764 кВт ... 1911 кВт) |
| 7000 ... 15 000 | < 588 > 588 | 2 × (1764 кВт ... 1911 кВт) 1 × (1764 кВт ... 1911 кВт) |
| 15 000 ... 25 000 | < 736 > 736 | 2 × (1764 кВт ... 1911 кВт) 1 × (1764 кВт ... 1911 кВт) |
| 25 000 ... 45 000 | < 883 > 883 | 1 × 2646 кВт + 1 × (1764 кВт ... 1911 кВт) 1 × 2646 кВт |
| 45 000 ... 75 000 | < 1030 > 1030 | 1 × 2646 кВт + 1 × (1764 кВт ... 1911 кВт) 1 × 2646 кВт |
| > 75 000 | < 1470 > 1470 | 1 × 2646 кВт + 1 × (1764 кВт ... 1911 кВт) 1 × 2646 кВт |

Таблица 5

Критерии использования буксиров для судов, не оснащенных носовыми подруливающими устройствами

| Валовая вместимость транспортного судна, GRT | Буксиры |
|--|-----------------------------|
| < 5000 | 1 × (1764 кВт ... 1911 кВт) |
| 5000 ... 7000 | 2 × (1764 кВт ... 1911 кВт) |
| 7000 ... 10 000 | 2 × (1764 кВт ... 1911 кВт) |
| 10 000 ... 40 000 | 2 × (1764 кВт ... 1911 кВт) |
| > 40 000 | 2 × (1764 кВт ... 1911 кВт) |

5. ПОРТ ЛУЛЕО, ШВЕЦИЯ

Для определения потребного количества портовых буксиров-кантовщиков в порту Лулео (Швеция) используется табл. 6, в которой представлено отношение дедвейта транспортного судна и потребного для его подхода и отхода количества буксиров-кантовщиков. Важной особенностью является то, что может использоваться любой буксир с тяговым усилием больше 26 т. Отдельно указано, что скорость ветра может повлиять на количество привлекаемых буксиров, однако прикладных инструментов на этот счет в документе [12] не представлено.

Таблица 6

Потребное количество буксиров в порту Лулео, Швеция

| Дедвейт, т | ПУ | Потребное количество буксиров | | | | | |
|-------------------|----|--|-------------|--|-------------|--|-------------|
| | | Нефтяной терминал (<i>Uddebo</i>) | | Контейнерный терминал (<i>Victoria</i>) | | Рудный терминал (<i>Sandskar</i>) | |
| | | прибытие | отправление | прибытие | отправление | прибытие | отправление |
| 3000 ... 10 000 | + | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 001 ... 25 000 | + | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | - | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | + | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| > 45 001 | + | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | - | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |

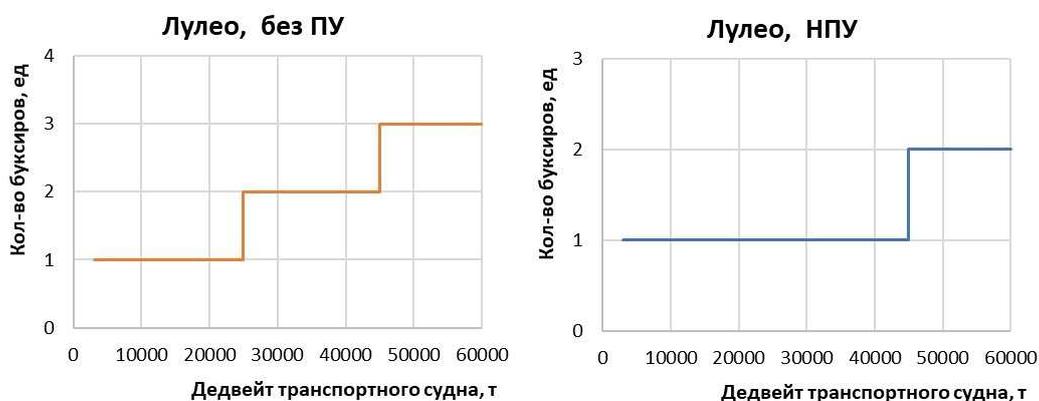


Рис. 4. Потребное количество буксиров в порту Лулео, Швеция

6. ПОРТЫ о. МАЛЬТА

Для определения потребного количества портовых буксиров-кантовщиков в портах острова Мальта используются таблицы, аналогичные табл. 7, в которых представлено отношение длины транспортного судна и потребное для его подхода и отхода количество и мощность буксиров-кантовщиков (рис. 5). Документ [13] содержит требования ко всем портопунктам острова; приведем пример требований к Palumbo Shipyard Docks как один из самых полных.

Таблица 7

Критерии использования буксиров для судов, прибывающих и отбывающих из гавани Palumbo Shipyard Docks [13]

| Длина судна, L_{oa} , м | Прибытие | Отбытие |
|---------------------------|----------|---------|
| < 100 | 11 | 11 |
| 100 ... 200 | 21 | 21 |
| 200 ... 239 | 32 | 32 |
| 239 ... 300 | 43 | 43 |
| > 300 | 4 | 4 |

1 — при наличии носового подруливающего устройства, можно сократить кол-во буксиров на 1;
 2 — при необходимости кол-во буксиров может быть увеличено на 1;
 3 — при наличии носового подруливающего устройства, можно сократить кол-во буксиров на 1.

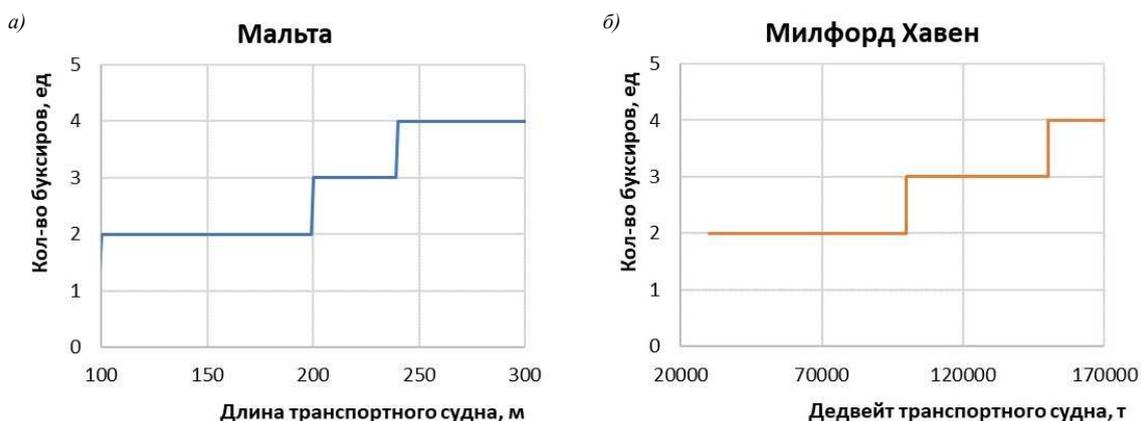


Рис. 5. Потребное количество буксиров для судов, прибывающих и отбывающих из а — гавани Palumbo Shipyard Docks, о. Мальта; б — порта Милфорд Хавен, Великобритания

7. ПОРТ МИЛФОРД ХАВЕН, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

Для определения потребного количества портовых буксиров-кантовщиков в порту Милфорд Хавен (Великобритания) используются следующие рекомендации: для судов дедвейтом до 100 000 т — минимум 2 буксира, для судов дедвейтом от 100 000 до 150 000 т — минимум 3 буксира, для судов дедвейтом больше 150 000 т — минимум 4 буксира.

В документе [14] особо отмечено, что вышеизложенное является лишь общим руководством, а окончательное решение о количестве буксиров должно быть принято судоводителем, в зависимости от погодных условий и известных ограничений судна. Количество буксиров может быть уменьшено в зависимости от оснащения судна, то есть в зависимости от организации его пропульсивного комплекса. При всех перемещениях судов дедвейтом более 25 000 т независимо от их подруливающих устройств должен присутствовать как минимум один буксир.

8. ПОРТ СУРИГАО, ФИЛИППИНЫ

Для определения потребного количества портовых буксиров-кантовщиков в порту Суригао (Филиппины) используется табл. 8, в которой представлено отношение валовой вместимости судна и потребного для подхода и отхода судов количества и мощности буксиров-кантовщиков.

Никаких дополнительных критериев выбора типа буксира-кантовщика в документе [15] не выявлено, что объясняется относительно малыми размерами принимаемых в порту судов (рис. 6).

Таблица 8

Критерии использования буксиров для судов, не оснащенных носовыми подруливающими устройствами [15]

| Валовая вместимость транспортного судна, GRT | Буксиры |
|--|-----------------------------|
| 500 ... 1000 | 1 × (551 кВт ... 734 кВт) |
| 1001 ... 3000 | 1 × (551 кВт ... 734 кВт) |
| 3001 ... 10 000 | 1 × (735 кВт ... 1101 кВт) |
| 10 001 ... 15 000 | 2 × (551 кВт ... 734 кВт) |
| 15 001 ... 20 000 | 2 × (735 кВт ... 1101 кВт) |
| >20 001 | 2 × (1102 кВт ... 1470 кВт) |



Рис. 6. Потребное количество буксиров порта Суригао, Филиппины

9. ПОРТЫ МЕТИЛ, БЕРНТАЙЛЕНД, ЛИТ, РОЗИТ, ГРАНДЖЕМУТ, ДАНДИ (ВЕЛИКОБРИТАНИЯ)

Порты Метил (Methil), Бернтайленд (Burntisland), Лит (Leith), Розит (Rosyth), Гранджемут (Grangemouth), Данди (Dundee) управляются компанией Forth Ports Ltd. и имеют общие правила в части выбора состава и характеристик портовых буксиров. Документ [16] описывает метод выбора буксиров через создаваемое ими усилие на гаке. Для этого в нем дана таблица для определения площадей надводной части транспортного судна (рис. 7), силы ветра и соответствующие им требуемые усилия на гаке буксирных судов (табл. 9, 10; рис. 7).

Таблица 9

Определение площади парусности S (м²) транспортных судов

| L_{oa} , м | Высота надводного борта транспортного судна, м | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | 5 | 7,5 | 10 | 12,5 | 15 | 17,5 | 20 | 22,5 | 25 | 27,5 | 30 | 32,5 | 35 | 37,5 | 40 |
| 50 | 250 | 375 | 500 | 625 | 750 | 875 | 1000 | 1125 | 1250 | 1375 | 1500 | 1625 | 1750 | 1875 | 2000 |
| 75 | 375 | 563 | 750 | 938 | 1125 | 1313 | 1500 | 1688 | 1875 | 2063 | 2250 | 2438 | 2625 | 2813 | 3000 |
| 100 | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 | 2250 | 2500 | 2750 | 3000 | 3250 | 3500 | 3750 | 4000 |
| 125 | 625 | 938 | 1250 | 1563 | 1875 | 2188 | 2500 | 2813 | 3125 | 3438 | 3750 | 4063 | 4375 | 4688 | 5000 |
| 150 | 750 | 1125 | 1500 | 1875 | 2250 | 2625 | 3000 | 3375 | 3750 | 4125 | 4500 | 4875 | 5250 | 5625 | 6000 |
| 175 | 875 | 1313 | 1750 | 2188 | 2625 | 3063 | 3500 | 3938 | 4375 | 4813 | 5250 | 5688 | 6125 | 6563 | 7000 |
| 200 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
| 225 | 1125 | 1688 | 2250 | 2813 | 3375 | 3938 | 4500 | 5063 | 5625 | 6188 | 6750 | 7313 | 7875 | 8438 | 9000 |
| 250 | 1250 | 1875 | 2500 | 3125 | 3750 | 4375 | 5000 | 5625 | 6250 | 6875 | 7500 | 8125 | 8750 | 9375 | 10000 |
| 275 | 1375 | 2063 | 2750 | 3438 | 4125 | 4813 | 5500 | 6188 | 6875 | 7563 | 8250 | 8938 | 9625 | 10313 | 11000 |
| 300 | 1500 | 2250 | 3000 | 3750 | 4500 | 5250 | 6000 | 6750 | 7500 | 8250 | 9000 | 9750 | 10500 | 11250 | 12000 |

Далее для каждого порта приводится алгоритм выбора буксиров из имеющихся, в качестве примера для порта Данди он представлен в табл. 10 [16].

Таблица 10

Определение потребного тягового усилия

| S, м ² | Скорость ветра, узлы | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|-----|----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| | 5 | 7,5 | 10 | 12,5 | 15 | 17,5 | 20 | 22,5 | 25 | 27,5 |
| 0 | 0 | 1 | 2 | 4 | 6 | 9 | 12 | 16 | 20 | 25 |
| 1000 | 1 | 2 | 5 | 8 | 13 | 18 | 25 | 32 | 41 | 50 |
| 1500 | 1 | 3 | 7 | 12 | 19 | 27 | 37 | 48 | 61 | 75 |
| 2000 | 1 | 4 | 9 | 16 | 25 | 36 | 49 | 64 | 81 | 100 |
| 2500 | 1 | 5 | 11 | 20 | 31 | 45 | 61 | 80 | 101 | 125 |
| 3000 | 2 | 6 | 14 | 24 | 38 | 54 | 74 | 96 | 122 | 150 |
| 3500 | 2 | 7 | 16 | 28 | 44 | 63 | 86 | 112 | 142 | 175 |
| 4000 | 2 | 8 | 18 | 32 | 50 | 72 | 98 | 128 | 162 | 200 |
| 4500 | 2 | 9 | 20 | 36 | 56 | 81 | 110 | 144 | 182 | 225 |
| 5000 | 3 | 10 | 23 | 40 | 63 | 90 | 123 | 160 | 203 | 250 |
| 5500 | 3 | 11 | 25 | 44 | 69 | 99 | 135 | 176 | 223 | 275 |
| 6000 | 3 | 12 | 27 | 48 | 75 | 108 | 147 | 192 | 243 | 300 |
| 6500 | 3 | 13 | 29 | 52 | 81 | 117 | 159 | 208 | 263 | 325 |
| 7000 | 4 | 14 | 32 | 56 | 88 | 126 | 172 | 224 | 284 | 350 |
| 7500 | 4 | 15 | 34 | 60 | 94 | 135 | 184 | 240 | 304 | 375 |
| 8000 | 4 | 16 | 36 | 64 | 100 | 144 | 196 | 256 | 324 | 400 |
| 8500 | 4 | 17 | 38 | 68 | 106 | 153 | 208 | 272 | 344 | 425 |
| 9000 | 5 | 18 | 41 | 72 | 113 | 162 | 221 | 288 | 365 | 450 |
| 9500 | 5 | 19 | 43 | 76 | 119 | 171 | 233 | 304 | 385 | 475 |
| 10 000 | 5 | 20 | 45 | 80 | 125 | 180 | 245 | 320 | 405 | 500 |
| 10 500 | 5 | 21 | 47 | 84 | 131 | 189 | 257 | 336 | 425 | 525 |
| 11 000 | 6 | 22 | 50 | 88 | 138 | 198 | 270 | 352 | 446 | 550 |
| 11 500 | 6 | 23 | 52 | 92 | 144 | 207 | 282 | 368 | 466 | 575 |
| 12 000 | 6 | 24 | 54 | 96 | 150 | 216 | 294 | 384 | 486 | 600 |

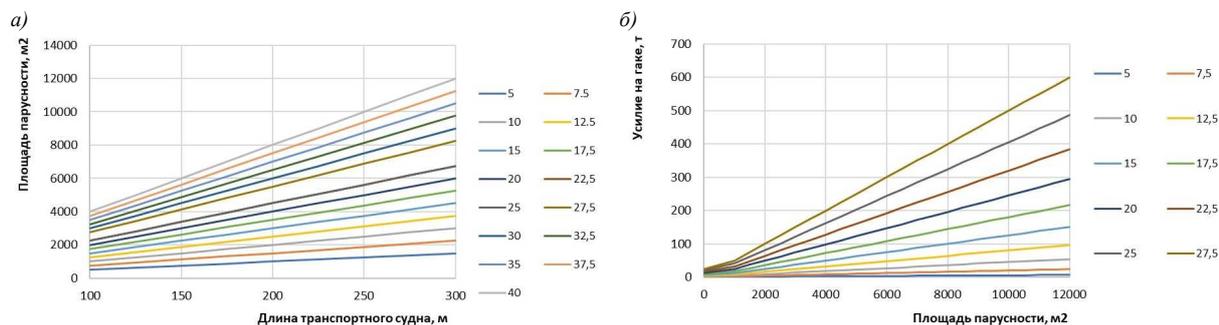


Рис. 7. Площади парусности S (м²) транспортных судов (в зависимости от их длины и высоты (а)); потребное тяговое усилие в зависимости от площади парусности транспортного судна и скорости ветра в узлах (б)

После определения суммарного усилия на гаке необходимо обратиться к правилам конкретного порта и выбрать буксирный ордер исходя из длины судна и требуемого для его буксировки усилия на гаке. Например, правила для порта Данди приводят следующую таблицу:

Таблица 11

Критерии использования буксиров для судов в порту Данди [17]

| Длина судна, L _{oa} , м | Суммарное усилие, т | | |
|----------------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| | 1 буксир | 2 буксира | 3 буксира |
| 90 ... 120 | —* | — | — |
| 120 ... 140 | 20 | 120 | — |
| 140 ... 180 | 60 | 120 | — |
| > 180 | — | 120 | 180 |

* — при причаливании левым бортом может потребоваться буксир с усилием 20 т.

Таким образом, для портов группы Forth Ports Ltd. алгоритм выбора буксирного ордера для выполнения операций с прибывающими в порты судами описан наиболее полным образом.

10. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА ПОРТОВЫХ БУКСИРОВ-КАНТОВЩИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБЛИЖЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ПОРТАХ МИРА

Произведем расчет потребного количества буксиров-кантовщиков для обработки транспортных судов наиболее востребованных типов в соответствии с представленными ранее методами для различных портов. При этом исходные данные представим в виде табл. 12, а результаты этого расчета представим в виде табл. 13.

Таблица 12

**Исходные данные для расчета количества буксиров-кантовщиков,
необходимых для грузообработки транспортных расчетных судов**

| Тип судна | Дедвейт летний ¹ , т | Длина ¹ , м | Площадь парусности, м ^{1, 2} | ПУ | Осадка ^{1, 3} , м | Валовое водоизмещение, GT |
|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|----|-------------------------------|------------------------------|
| Танкер 30 000 | 30 000 | 172 | 3000 | + | 10,4 | 26 000 ⁴ |
| Танкер 55 000 | 54 900 | 219 | 3800 | + | 11,0 | 47 194 ⁵ |
| Газовоз 145 000 м ³ | 80 000 | 274 | 7500 | + | 12,3 | 95 824 ⁶ |
| Газовоз 174 000 м ³ | 98 000 | 284 | 8400 | + | 12,8 | 118 423 ⁷ |

¹ — PIANC Report WG 235 Appendix A: Vessel Data Spreadsheet Tables [18];
² — в балласте;
³ — в грузу;
⁴ — ECO NEBULA, IMO 9336660;
⁵ — BW PRINCE, IMO 9350422;
⁶ — Marshal Vasilevskiy, IMO 9778313;
⁷ — Al Wosail, IMO 9285952.

Таблица 13

**Расчет количества буксиров-кантовщиков, необходимых для грузообработки транспортных расчетных судов
в различных портах мира**

| Тип судна | Гётеборг | Гонконг ¹ | Дарвин ² | Кобе | Лулео | Мальта | Милфорд Хавен | Данди ³ |
|--------------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|-----------|--------|------------------|--------------------|
| Танкер 30 000 | 1 × 50 ВР ⁴ | 1 × 35 ВР | 2 × 48 ВР | 1 × 2646 кВт | 1 × 26 ВР | 2 | 2 | 1 × 60 ВР |
| Танкер 55 000 | 2 × 50 ВР | 2 × 38 ВР | 3 × 48 ВР | 1 × 2646 кВт + 1 × 1764 кВт | 2 × 26 ВР | 3 | 2 | 2 × 60 ВР |
| Газовоз 145 000 м ³ | 3 × 50 ВР | 2 × 38 ВР | 3 × 48 ВР | | — | 4 | 2 | 2 × 60 ВР |
| Газовоз 174 000 м ³ | 3 × 50 ВР | 2 × 42 ВР | 3 × 48 ВР | | — | 4 | 2 | 2 × 60 ВР |

¹ — для Kwai Chung berth;
² — подход правым бортом, в прилив, для танкеров;
³ — Forth Ports Ltd. [16], для скорости ветра до 12 м/с;
⁴ — здесь и далее указаны минимальные разрешенные значения.

В исследовании [19] представлены графики зависимости длины и дедвейта наливных и навалочных судов от тяги и количества буксиров в портах мира (рис. 8).

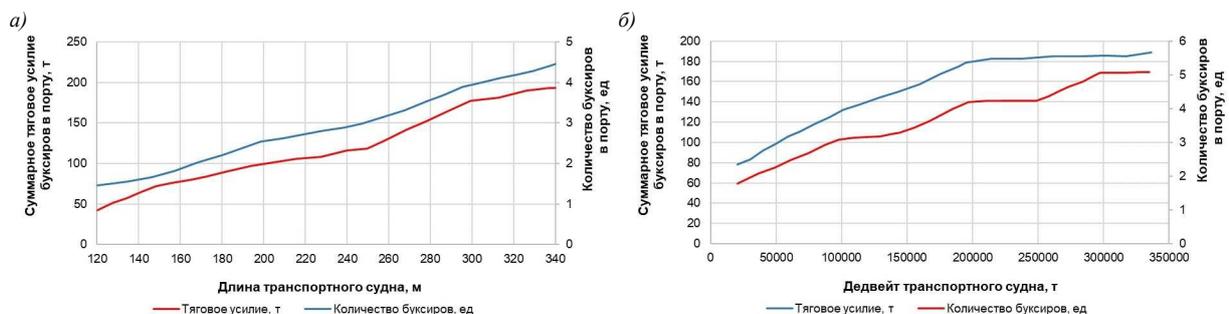


Рис. 8. Зависимость длины наливных и навалочных судов от тяги и количества буксиров-кантовщиков в портах мира (а); зависимость дедвейта наливных и навалочных судов от тяги и количества буксиров-кантовщиков в портах мира (б)

Графики на рис. 8 можно представить в виде регрессионных зависимостей для определения суммарного тягового усилия буксирного ордера (1) и количества буксиров (2):

$$F = 0,6628 \cdot L_{BP} - 32,842, R^2 = 0,98, \text{ т}, \quad (1.3)$$

где L_{BP} — длина транспортного судна, принятая по [18],
 R^2 — среднеквадратичное отклонение.

$$n = 0,014 \cdot L_{BP} - 0,341, R^2 = 0,99, \text{ т}. \quad (1.4)$$

Таблица 14

Расчет суммарной тяги и количества буксиров-кантовщиков,
 необходимых для грузообработки транспортных расчетных судов по [19]

| Тип судна | L_{oa} , м | F , т | n , ед. |
|--------------------------------|--------------|---------|-----------|
| Танкер 30 000 | 172 | 81,16 | 2,067 |
| Танкер 55 000 | 219 | 112,3 | 2,725 |
| Газовоз 145 000 м ³ | 274 | 148,7 | 3,495 |
| Газовоз 174 000 м ³ | 284 | 155,39 | 3,635 |

ВЫВОДЫ

В работе рассмотрены зарубежные правила назначения количества и мощности буксиров-кантовщиков в разных портах. Целью исследования являлся обзор способов назначения количества и мощности буксиров-кантовщиков в различных портах мира и определение состава буксирного ордера для осуществления буксирных операций в стесненной акватории применительно к транспортным судам востребованных типоразмеров.

Таким образом, использован подход, принятый во многих портах мира, основанный на правилах и рекомендациях портовых администраций для оценки требуемых характеристик и количества буксиров. Использование данного подхода показало, что требования портов к количеству и характеристикам буксиров-кантовщиков зависит от внешних условий, размера принимаемого транспортного судна и характеристик его пропульсивного комплекса (наличия ПУ, ВРК, высокоэффективных рулей и т.д.). В качестве безусловного недостатка примененного метода приближенной оценки следует выделить то, что зачастую неизвестно, на основе каких данных и для каких гидрометеорологических условий получены эти правила, рекомендации и расчетные методики, следовательно, к применению их для проверки результатов, полученных при помощи других методик, следует проводить с осторожностью. Тем не менее важный вывод следует сделать в той части, что в качестве основной характеристики буксира-кантовщика должно выступать развиваемое им усилие на гаке на переднем и заднем ходу (по применению).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обязательные постановления в морском порту Усть-Луга. Утверждены приказом Минтранса России от 15 января 2013 года № 6.
2. РД 31.31.37–78. Нормы технологического проектирования морских портов. Основные положения / Минморфлот СССР. — М., 1978. — 122 с.
3. РД 31.3.05–97. Нормы технологического проектирования морских портов / Минтранс РФ. — М., 1998. — 177 с.
4. СП 350.13266000.2018 Нормы технологического проектирования морских портов / Минтранс РФ. М., 2018.
5. Киселев С.А. Тяговое усилие как оптимальная характеристика для определения необходимого числа буксиров в порту / С.А. Киселев, А.А. Петров // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2015. — № 38/39. — С. 52 — 55. — EDN TXPYIP.
6. Немзер А.И. Разработка программного обеспечения для определения максимальной удерживающей силы и угла крена эскортных буксиров в соответствии с требованиями Правил РС / А.И. Немзер, А.В. Юрканский, М.А. Кутейников, М.Е. Захаров // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2016. — № 42/43. — С. 70 — 74. — EDN WDKNDX.
7. Бондаренко А.В. Методика выбора оптимального состава буксирного обеспечения порта / А.В. Бондаренко, В.А. Некрасов, А.П. Ястреба // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. — 2015. — № 4(32). — С. 43 — 52. — EDN UDJURF.

8. Маликова Т.Е. Математическая модель планирования работы буксирного флота для обработки судов на рейде / Т.Е. Маликова, Е.С. Тимошек // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. — 2021. — Т. 13, № 5. — С. 651 — 658. — DOI 10.21821/2309-5180-2021-13-5-651-658. — EDN NQSQHA.
9. Tug Regulations Port of Gothenburg, 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://www.portofgothenburg.com/maritime/rules-and-permits/towing/>
10. The Complete Berthing Guidelines for Port of Hong Kong. With latest amendments endorsed on 17 May 2023.
11. Entry manual. Kobe Area Hanshin Port, 2014.
12. Tug regulations Luleå, Strömörvägen, 9 974 37 Luleå, 2019.
13. Transport Malta, Minimum Towage Requirements, 2021.
14. Port Milford Haven. Towage Guidelines, 2021.
15. Regulations on compulsory tug assistance at the baseport of Surigao and at other government ports within the jurisdiction of PMO Surigao, PPA Administrative order №08-2015.
16. Forth Ports Limited. Towage Guidelines, 2020.
17. Forth Ports Limited. Port of Dundee. Marine Guidelines and Port Information, 2023.
18. PIANC Report WG 235 Appendix A: Vessel Data Spreadsheet Tables.
19. Hensen H. Tug use in port. A practical guide. 2nd ed. / H. Hensen. — Port Rotterdam: Nautical Institute, 2003. — 192 p.

REFERENCES

1. Obyazatel'nye postanovleniya v morskome portu Ust'-Luga [Mandatory regulations of the seaport of Ust-Luga]. (In Russ.)
2. ПД 31.31.37–78. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya morskikh portov. Osnovnye polozeniya [Norms for technological design of sea ports. Main provisions]. М., 1978. (In Russ.)
3. ПД 31.3.05–97. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya morskikh portov [Norms for technological design of sea ports]. М., 1998. (In Russ.)
4. СП 350.13266000.2018 Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya morskikh portov [Norms for technological design of sea ports]. М., 2018. (In Russ.)
5. Kiselev S.A., Petrov A.A. Tow force as an optimal characteristic to determine the number of tugs required in ports. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2015 (38/39): 52-55. EDN TXPYIP. (In Russ.)
6. Nemzer A.I., Yurkanskiy A.V., Kuteynikov M.A., Zaharov M.E. Software development to determine maximum holding force and heel angle of escort tugs with regard to RS rules. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2016 (42/43): 70-74. EDN WDKNDX. (In Russ.)
7. Bondarenko A.V., Nekrasov V.A., Yastreba A.P. Methodology of selection of optimal structure of the fleet harbour tug. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2015. № 4(32): 43-52. EDN UDJURF. (In Russ.)
8. Malikova T.E., Timoshek E.S. Mathematical model for planning the operation of towing fleet for handling ships on the reid. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2021. Т. 13, № 5: 651-658. DOI 10.21821/2309-5180-2021-13-5-651-658. EDN NQSQHA. (In Russ.)
9. Tug Regulations Port of Gothenburg, 2020. URL: <https://www.portofgothenburg.com/maritime/rules-and-permits/towing/>
10. The Complete Berthing Guidelines for Port of Hong Kong. With latest amendments endorsed on 17 May 2023.
11. Entry manual. Kobe Area Hanshin Port, 2014.
12. Tug regulations Luleå, Strömörvägen, 9 974 37 Luleå, 2019.
13. Transport Malta, Minimum Towage Requirements, 2021.
14. Port Milford Haven. Towage Guidelines, 2021.
15. Regulations on compulsory tug assistance at the baseport of Surigao and at other government ports within the jurisdiction of PMO Surigao, PPA Administrative order №08-2015.
16. Forth Ports Limited. Towage Guidelines, 2020.
17. Forth Ports Limited. Port of Dundee. Marine Guidelines and Port Information, 2023.
18. PIANC Report WG 235 Appendix A: Vessel Data Spreadsheet Tables.
19. Hensen H. Tug use in port. A practical guide. 2nd ed. Port Rotterdam: Nautical Institute, 2003.