

4. Gallucci M., "The first battery-powered tanker is coming to Tokyo", IEEE Spectrum, 2021. <https://spectrum.ieee.org/first-battery-powered-tanker-coming-to-tokyo>.
5. Veronika Henze, "BloombergNEF's annual battery price survey", 2020. <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/>.
6. Hall D., Lutsey N., "Effects of battery manufacturing on electric vehicle lifecycle emissions. ICCT briefing", 2018, 12 p.
7. G. Guidi, J. A. Suul, F. Jensen and I. Sornfon, "Wireless Charging for Ships: High-Power Inductive Charging for Battery Electric and Plug-In Hybrid Vessels," in IEEE Electrification Magazine, vol. 5, no. 3, pp. 22-32, Sept. 2017, doi: 10.1109/MELE.2017.2718829.
8. Павлов Г.В., Обрубов А.В., Нікітіна О.В., Покровський М.В. Перетворювачі постійної напруги на основі резонансних інверторів. Монографія. – Миколаїв: НУК, 2013. – 372 с.

Energy efficient induction charging ship traction batteries

Gennadii Pavlov, Andrey Obrubov, Iryna Vinnychenko

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. It is proposed to increase the energy efficiency of induction charging of marine traction batteries by using in charging systems resonant converter with latitude-frequency control to reduce the impact of instability of mains voltages and buffer storages, as well as variations in distance between coils and their misalignment. Experimental oscillograms of electromagnetic processes are given.

Keywords: induction charging, contactless power transmission, resonant power converters, width-frequency control.

УДК 629.5.12

КОМПЛЕКС МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ БУКСИРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУДЕН ДЛЯ ЇХ ПРОХОДУ КАНАЛАМИ, ПІДХІДНИМИ КАНАЛАМИ, ПРИЧАЛЮВАННЯ ТА ВІДЧАЛЮВАННЯ В МОРСЬКИХ ПОРТАХ УКРАЇНИ ТА ЗОВНІШНІХ РЕЙДАХ ПОРТІВ В ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ НАВІГАЦІЙНИХ УМОВАХ, ЩО НЕ ОБМЕЖУЮТЬ АБО НЕ ЗАБОРОНЯЮТЬ ЦІ ОПЕРАЦІЇ

Некрасов В. О.

доктор технічних наук, професор

Завідувач кафедри теорії та проектування суден

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

valery.nekrasov@nuos.edu.ua

Анотація: Дослідженням безпеки операцій буксирування транспортних суден визначено комплекс гідрометеорологічних навігаційних умов, що суттєво не обмежують або не забороняють такі операції. На цій основі створено комплекс методик визначення кількості і потужності буксирів, необхідних для здійснення безпечних ескортних операцій з судами, які відвідують морські порти в існуючих гідрометеорологічних навігаційних умовах, їх безпечного супроводу по судноплавним каналам і підхідним каналам морських портів, а також для безпечного супроводу і виконання кантовних і швартовних операцій в акваторіях морських портів України та їх зовнішніх рейдах. Дія комплексу методик поширюється на всі типи транспортних суден, самохідних та несамохідних, в діапазоні їх дедвейту від 500 до 230 000 тон.

Результатом використання комплексу методик є Проект норм буксирного забезпечення морських портів України, який призначено для заміни застарілих нормативних документів, та методик оперативного визначення потрібної кількості і потужності буксирного супроводу.

Ключові слова: судноплавний канал, підхідний канал, територія морського порту або його зовнішнього рейду, причали і судна для перевалки вантажів, необхідна кількість і потужність буксирів

Вступ. Дані тези містять результати дослідження буксирування транспортних водотоннажних суден, їх буксирного супроводження по каналах, підхідних каналах і акваторіях морських портів, а також кантовних і швартовних буксирних операцій в морських портах України. Дослідження виконані на основі використання методів: аеродинаміки і гідродинаміки суден в обмежених акваторіях при дії вітру, хвилювання і течії; теорії керованості суден та їх составів у каналах і морських портах; стохастичної теорії концептуального проектування суден та буксирів.

Метою дослідження є розробка комплексу методик визначення кількості і потужності буксирів, необхідних для здійснення безпечного буксирування суден і їх супроводу по каналах, підхідних каналах і по територіях морських портів та їх зовнішніх рейдів, а також для виконання кантовних і швартовних операцій в цих портах та їх зовнішніх рейдах. Перевірка за допомогою цих методик існуючих вимог до буксирного забезпечення морських портів України та розробка проекту нових вимог. Розробка оперативних методик визначення необхідної кількості буксирів і їх потужності для виконання буксирних операцій в морських портах України, [5-13].

1. Гідрометеорологічні умови каналів, підхідних каналів і акваторій морських портів України. Обмеження буксирних операцій через погодні умови. Вітровий режим на зовнішніх рейдах морських портів Північно-Західної частини Чорного моря та Азовського моря, а також портів Бузько-Дніпровського лиманського (БДЛК), Херсонського морського (ХМК) і Керч-Єнікальському (КЕК) каналів, глибоководного суднового ходу (ГСХ) «Дунай - Чорне море», визначається загальною синоптичною обстановкою 1-го району Чорного Моря [1]. Тут протягом року переважають вітри північно-східного напрямку. Найбільші середні швидкості спостерігаються при вітрах південно-західного, а також північного і північно-західного напрямків. Багаторічний розподіл середніх швидкостей вітру вітро-хвильових режимів цього району апроксимується законом Вейбула з параметрами $\alpha = 2,22$ і $\beta = 9,58$.

З цього розподілу випливає, що ймовірність появи сильних вітрів зі швидкостями 14 м/сек і більше (більше 6-ти балів за шкалою Бофорта) становить 3,5%, 17 м/сек і більше (більше 7-ми балів) - 1,6% і, нарешті, 28 м/сек і більше (більше 10-ти балів) - 0,01% річного часу.

Хвилювання на зовнішніх рейдах морських портів з інтенсивністю 2,0 м і більше (понад 4-х балів за шкалою ГУ ГМС) спостерігається з ймовірністю 19,0%; 3,5 м і більше (більше 5-ти балів) - 8,0%; 6,0 м і більше (більше 6-ти балів) - 0,4%; 8,5 м і більше (більше 7-ми балів) - 0,11%.

Одним з найбільш протяжних каналів є БДЛК, що орієнтований по довжині з півночі на південь та відділений від Чорного моря відносно вузьким входом. У зв'язку з цим на території лиману хвилювання і течія створюються, в основному північними вітрами з обмеженою довжиною розгону. При цьому інтенсивність хвилювання не перевищує 2,0 м ($h_{3\%} = 2,0$ м; $H_{1/3} = 1,52$ м). При дії сильних північних вітрів і поверхневої течії зі швидкістю понад 1,0 м/сек рух по каналу забороняється.

Діяльність портових служб регулюється Інспекцією Державного портового нагляду. Існуючі вимоги Державного портового нагляду щодо забезпечення безпеки при виконанні операцій за умовами входу в морські порти по підхідних каналах і швартуванні/відшвартуванні суден на їх причалах, а також Правил плавання і лоцманської проводки суден в каналах представлені в табл. 1-3 [2, 3]. Вони складають основу подальшого визначення необхідної кількості і необхідної сумарної тяги буксирів.

Відповідно до цих вимог операції по буксирного супроводу по підхідних каналах і швартуванні всіх суден в вантажу і суховантажних суден в баласті повинно забезпечуватися при швидкостях вітру до 14 м/сек, а газозовів, хімовозів і танкерів в баласті - до 12 м/сек, тобто при інтенсивності вітру до 6 і 5 балів відповідно. Буксирні операції по супроводу та буксируванню суден в судноплавних каналах та зовнішніх рейдах морських портів повинні забезпечуватися при швидкостях вітру до 15 м/сек, тобто при інтенсивності вітру до 7 балів включно, та інтенсивності хвилювання – до 4 балів.

Табл. 1. Значення показників допустимих погодних умов на зовнішніх рейдах і підхідних каналах морських портів

№ з/п	Найменування характеристик	Зовнішній рейд, підхідний канал					
		Вітер		Хвилювання		Течія	
		Бал Бофорта	V_B , м/сек	Бал ГУ ГМС	$h_{3\%}$, м	Бал	V_T , м/сек
1	Обмеження порту	6	14	4	2,0	-	1,0
2	Прийняті значення	6	14	4	2,0	-	1,0

Табл. 2. Значення показників допустимих погодних умов для буксирного супроводження суден у каналах

№ з/п	Найменування характеристик	Суднохідний канал					
		Вітер		Хвилювання		Течія	
		Бал Бофорта	V_B , м/сек	Бал ГУ ГМС	$h_{3\%}$, м	Бал	V_T , м/сек
1	Обмеження каналу	7	15	4	2,0	-	1,0
2	Прийняті значення	7	15	4	2,0	-	1,0

Табл. 3. Прийняті допустимі значення характеристик погодних умов для кінцевої стадії буксирного супроводження – переміщення судна в акваторіях морських портів, виконання кантовних і швартовних операцій в морських портах

№ з/п	Характеристики стану суден	Акваторія морського порту					
		Вітер		Хвилювання		Течія	
		Бал Бофорта	V_B , м/сек	Бал ГУ ГМС	$h_{3\%}$, м	Бал	V_T , м/сек
1	Для всіх суден "У повному вантажу", для суховантажних суден «В баласті»	6	14	2	0,9	-	-
2	Для газозовів, хімовозів і танкерів "В баласті"	5	12	2	0,9	-	-

2. Основні буксирні операції та їх забезпечення буксирами. До основних буксирних операцій належать:

- Ескортвання суден з небезпечними вантажами на підходах до портів;
- Супровід суден в підхідних каналах морських портів;
- Супровід та кантувальні операції суден в акваторіях морських портів;
- Швартування/відшвартування суден до/від причалів морських портів та до/від суден на зовнішніх рейдах морських портів;

- Супровід суден в судноплавних каналах та зовнішніх рейдах портів;
- Буксирування суден по судноплавним каналам та зовнішнім рейдам.

Всі ці операції можуть здійснюватися за допомогою одного або декількох буксирів. Найбільш часто використовуваними в даний час є буксири з гребними гвинтами в поворотних насадках і буксири з гвинто-рульовими колонками. Представниками таких типів буксирів є буксири фірми Damen типу STAN TUG та типу ASD TUG. Наявність рядів типорозмірів цих буксирів обумовлюють можливості парного або більш множинного їх використання в буксирних операціях, в яких вони доповнюють один одного по необхідному сумарному тяговому зусиллю на швартовах - Bollard pull, т, або по необхідній сумарній потужності двигунів - P_E , к.с.

3. Методика буксирного забезпечення ескортних операцій. Судна, які потребують ескортний супровід при заході/виходу з морського порту, мають різний дедвейт, значення якого змінюються в широкому діапазоні. Призначення одного буксира максимальної потужності на весь суднопотік економічно недоцільно. Бажано вибирати певний буксир з числа буксирів, задіяних в порту, на обслуговування суден певного діапазону дедвейту. При цьому керуючий вплив буксира на судно, що супроводжується, повинен задовольняти вимогам ІМО [4]. Оптимізаційна задача такого вибору була сформульована і вирішена в роботі [5]. На основі цього рішення визначена залежність необхідної потужності ескортних буксирів типу ASD для виконання ескортних операцій на підходах до портів України, що наведена на рис. 1.

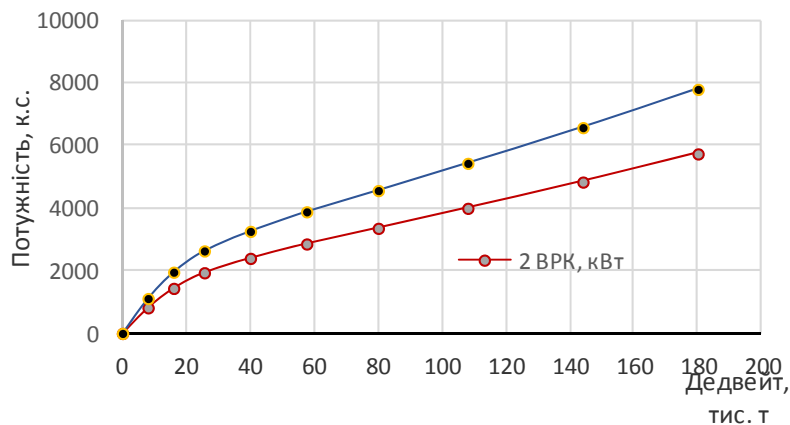


Рис. 1. Необхідні сумарні потужності ескортних буксирів для ескорту танкерів, хімовозів та інших суден (за винятком газовозів LNG і LPG), що транспортують небезпечні вантажі на підходах до морських портів України

4. Методика буксирного забезпечення супроводу суден, кантовних і швартовних операцій в акваторіях морських портів. Методика буксирного забезпечення супроводу суден, кантовних і швартовних операцій в морському порту була розроблена для портів «Авліта» і «Південний» [6-9]. На основі цієї методики проведено масові розрахунки потрібного буксирного забезпечення та порівняння його з вимогами діючого РД 31.31.37-78 і організацій, що забезпечують безпеку буксирних операцій в більшості морських портів зарубіжжя British Standards, ROM 0.2-90, OCIMF, SIGTTO, IMO, та отримано узагальнене вирішення проблеми буксирного забезпечення супроводу суден, кантовних і швартовних операцій для всіх портів України [10].

Виконане порівняння показало, що результати запропонованої методики добре узгоджуються з усіма з них, за винятком Британського стандарту вимог. Відмінності результатів пояснюються гідрометеорологією акваторій портів Англії, що розташовуються на узбережжі

відкритого океану і в гирлах рік з інтенсивними течіями. Додаткове порівняння даних РД 31.3.01.01-93 з результатами розрахунків за запропонованою методикою, при граничних середніх швидкостях вітру 14 м/сек і надбавкою на «безпеку», що дорівнює 30%, свідчить про їх задовільну злагоду в цілому. Разом з тим, для деяких категорій суден є помітні розбіжності в величинах інтервалів дедвейтом суден, які можна віднести до конкретної їх групи, і в величинах необхідної сумарної потужності буксирів. Це обумовлює необхідність корегування діючих норм буксирного забезпечення українських морських портів та проведення його на основі:

- єдиних погодних умов для проведення кантовних і швартових операцій з усіма типами суден при всіх величинах їх дедвейту, що допускаються проходом в Чорне море;
- обліку тієї обставини, що ці порти знаходяться в кліматичних умовах закритих від океану морів;
- розробці проекту вимог для кожного значення дедвейту всіх розглянутих типів суден необхідної сумарної потужності портових буксирів, які здійснюють супровід, кантування і швартування/ відшвартування судна, що відвідав порт.

Такий варіант проекту вимог з єдиною граничною середньою швидкістю вітру і з єдиним коефіцієнтом безпеки для різних категорій суден і умов закритих від океану морів України, розроблений для УкрНДІ МФ [13] наведено в табл. 4.

5. Методика буксирного забезпечення операцій буксирування суден в судноплавних каналах і підхідних каналах морських портів. Виконання операцій буксирування суден в судноплавних каналах і підхідних каналах морських портів допускається в гідрометеорологічних умовах, зазначених в табл. 1-2. Ці умови і швидкісні режими буксирування суден в судноплавних каналах і супроводу суден в підхідних каналах не суттєво відрізняються від гідрометеорологічних умов і швидкісних режимів буксирних операцій в акваторіях морських портів, наведених в табл. 3. Тому в першому наближенні потрібна сумарна потужність і кількість буксирів в цих операціях залишаються такими ж, як і при супроводі суден і проведенні кантовних і швартових операцій в акваторіях морських портів.

6. Методика оперативного вибору необхідної потужності і кількості буксирів для виконання буксирувальних операцій. Використання таблиці 4 в процесах прийняття оперативних рішень в практиці буксирувальних операцій при погодних умовах, що мають дозвіл, або за межами його, потребує різних доповнень, що прискорюють і збільшують надійність прийняття рішень.

Такими доповненнями можуть бути: комп'ютеризована методика визначення необхідної сумарної потужності і кількості буксирів, яка наведена в [8], та методика визначення необхідної сумарної потужності і кількості буксирів, які визначаються не в залежності від дедвейту судна, а в залежності від його габаритної довжини LOA. Такий підхід має більш точніше фізичне обґрунтування. При буксирувальних операціях домінують вітрова та інерційна складові навантаження, що діють на буксир з боку судна. Причому переважне значення має вітрове навантаження, яке істотно залежить від габаритів судна. Габарити ж судна, що визначаються його довжиною, в кращому ступені відображають діючі зусилля, ніж дедвейт, що характеризує в основному інерційну складову.

Масові розрахунки, виконані з метою підтвердження цієї закономірності привели до результатів, представлених на рис. 2. Ці результати показують, що необхідна сумарна потужність буксирів, визначена в залежності від довжини судна, дуже слабо залежить як від типу судна, так і від його стану - в баласті або у вантажу. Визначальне значення має тільки швидкість вітру.

Табл. 5. Попередня оцінка необхідної кількості та потужності буксирів в залежності від довжини транспортного судна, який відвідує морські порти України (незалежно від типу транспортного судна і стану його масового навантаження, в баласті або у вантажу) для середніх швидкостей вітру: газозови та танкері в баласті - 12 м/сек, інші в баласті та всі в вантажу -14 м/сек)

Довжина судна, м	50-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-180	181-220	221-260	261-300
Регламентована вимогами сумарна потужність, к.с.	720	1200	1800	2400	3600	5800	8400	11600	14600
Група судна	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Кількість буксирів	2	2	2	2	2	3	4	4	4
Потужність 1-го буксира, к.с. Потужність 12го буксира, к.с. від	360 (600)	600	900 (1200)	1200	1800	2300	3000	4000	5000

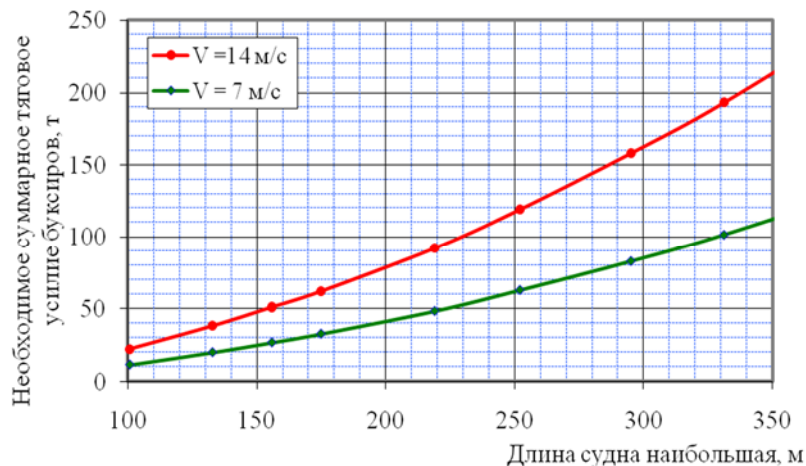


Рис. 3. Запропоновані В.О. Некрасовим узагальнені залежності оперативного визначення необхідних сумарних тягових зусиль буксирів при операціях в акваторіях морських портів України для всіх типів вантажних транспортних суден при всіх станах їх навантаження

Висновки. Розроблений комплекс методик визначення потужності і кількості буксирів для морських портів України при буксирних операціях транспортних водотоннажних суден усіх типів, в діапазоні їх дедвейту від 500 до 230 000 тон, може бути використаний для:

- визначення оптимального буксира для ескортних операцій із заданим потоком суден, що відвідують порт, в певному діапазоні їх дедвейту;
- призначення буксирів для безпечного буксирування судна і його супроводу по судноплавному каналу або підхідному каналу морського порту;
- призначення буксирів для супроводження судна та виконання кантовних і швартових операцій в акваторії морського порту та його зовнішнього рейду.

Виконані систематичні масові розрахунки показали, що процес відшукування необхідної сумарної потужності буксирів в залежності від довжини судна, має суттєві переваги в порівнянні з аналогічною операцією, що здійснюється в залежності від дедвейту. У цьому випадку необхідна сумарна потужність слабо залежить як від типу судна, так і від його стану навантаження - в баласті або у повному вантажу. Визначальне значення має швидкість вітру. Особливо наочно це показує наведений нижче рисунок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные [Текст] – Л.: Регистр СССР, 1974. – 360 с.
2. Обязательные постановления по порту «Южный (Новая редакция). – ГП «МТП «Южный», 2009.– 83 с.
3. Наказ, Правила №655 от 01.08.2007, Про затвердження Правил плавання і лоцманського проведення суден у північно-західній частині Чорного моря, Бузько-Дніпровсько-лиманському та Херсонському морському каналах.
4. Standards for ship manoeuvrability. – IMO: Resolution MCS.137(76) Adopted on 4 December 2002.
5. Некрасов В. А. Бондаренко, А. П. Ястреба. Определение оптимальных главных размерений эскортных буксиров морских портов Украины // Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд».– Миколаїв: НУК, 2018. – С. 9–7.

6. Заварукин Л.Г., Некрасов В.А., Бондаренко А.В. Определение необходимого количества и мощности современных буксиров для швартовки судна к причалам АО "СК "Авлита"// Матеріали IV міжнародної наук.-техніч. конф. «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв: НУК, 2013.– С.37-40.

7. Некрасов В.А., Бондаренко А.В. Научно-практическое обеспечение реформы буксирных флотов портов Украины // Матеріали V міжнародної наук.-техніч. конф. «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв: НУК, 2014. – С. 14-19.

8. Некрасов В.А., Бондаренко А.В. Метод и программа оперативного выбора необходимого количества и тяговых усилий портовых буксиров для обслуживания судна // Матеріали V міжнародної наук.-техніч. конф. «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці».– Миколаїв: НУК, 2014. – С. 81-85.

10. Некрасов В.А., Бондаренко А.В., Шестопал В.П. Теоретические основы современного нормативного буксирного обеспечения портов Украины // Материали V міжнародної наук.-техніч. конф. «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв: НУК, 2014. – С.94-100.

11. Разработка технологии швартовки судов к причалам АО «СК «Авлита», выбор необходимых буксиров и поставка научно-технического отчета об этих работах. Отчет о НИР, заключительный. – Николаев: НУК, 2013. – 24 с.

12. Определение необходимого количества и мощности существующих портовых буксиров для обслуживания ГП «МТП «Южный» и терминалов, которые находятся в акватории Малого Аджалыкского лимана. Отчет о НИР, заключительный. – Николаев: НУК, 2014. – 69 с.

13. Розробка методики визначення буксирного забезпечення суден під час проходження каналами, підхідними каналами до/з морських портів, включаючи розробку критеріїв, що обмежують або забороняють захід в морські порти за гідрометеорологічними навігаційними умовами та пояснювальної записки до неї. Звіт про НДР, заключний. – Миколаїв: НУК, 2019. – 45 с.

Complex of methods of vessels towing provision determination under their passage by channels and approaching channels and mooring in seaports at hydrometeorological navigational conditions which do not restrict or prohibit these operations

Nekrasov Valeriy

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract: A study of the safety of towing operations of transport vessels has identified a set of hydrometeorological navigation conditions that do not significantly restrict or prohibit such operations. On this basis, a set of methods for determining the number and power of tugs required for safe escort operations with ships visiting seaports in existing hydrometeorological conditions, their safe support through navigable canals and approach channels of seaports, as well as for safe escort and mooring in the waters of seaports of Ukraine and their external raids. The effect of the set of methods applies to all types of transport vessels, self-propelled and non-self-propelled, in the range of their deadweight from 500 to 230,000 tons. The result of using a set of methods is the creation of the Draft norms for towing support of seaports of Ukraine, which is designed to replace outdated regulations, and also methods of operational determination of the required number and power of towing support for practical operation of the ports.

Key words: navigable canal, approach canal, territory of the seaport or its external raid, berths and vessels for cargo handling, required number and capacity of tugs.