

УДК 656.61+339.5
EDN: RZPEXC

Г.Ф. Демешко, М.В. Власьев 

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», Санкт-Петербург, Россия

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ МИРОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА КАК ОСНОВНОГО ЗВЕНА МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ

Объект и цель научной работы. Рассмотрены состав и организация функционирования мирового транспортного флота (МТФ), насчитывающего около 100 тыс. судов разных типов и назначений. Организация товарообмена, осуществляемого прежде всего судоходством, опирается на мощное высокотехнологичное судостроение, которое ежегодно пополняет мировой флот новыми, все более совершенными и при этом все более стандартизированными судами. Не менее важна также роль огромного, более 2 тыс., конгломерата международных портов на разных континентах, обеспечивающих грузовую и сопроводительную обработку судов.

Материалы и методы. В работе использован широкий список источников: научные публикации, статистические данные, стратегические документы, информационные сетевые ресурсы, обзоры специалистов. Авторы применяли различные виды сравнительного анализа.

Основные результаты. Дан анализ состава, характеристик и тенденций развития как мирового флота, так и морских портов с их акваториями, многоплановой инфраструктурой, оборудованием и вспомогательным флотом. Выполнено обобщение состава и особенностей работы портов, характеризующихся общими принципами организации функционирования, независимо от местоположения и государственной принадлежности.

Заключение. Вместе с объемами международной торговли растут размеры и количество судов мирового транспортного флота. Огромные суда, гигантские порты и верфи, пересекающие весь земной шар судоходные линии – все это достигло высокой степени организации за счет цифровизации и научно-технического обеспечения проектирования, постройки и эксплуатации флота и портового оснащения.

Ключевые слова: транспортный флот, контейнеровоз, балкер, судоходство, международная торговля, морской порт, портовый флот, судозаходы, буксир-кантовщик, причал, бункеровщик.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

UDC 656.61+339.5
EDN: RZPEXC

G.F. Demeshko, M.V. Vlasiev 

St. Petersburg State Marine Technical University, St. Petersburg, Russia

ANALYSIS OF THE STATUS AND ORGANIZATION OF THE WORLD MERCHANT FLEET AS THE MAIN LINK IN INTERNATIONAL TRADE

Object and purpose of research. The world merchant fleet configuration and organization are considered numbering about 100 000 ships of various types and purposes. Exchange of goods carried out primarily by is ships draws on the robust high-tech shipbuilding capabilities annually delivering newbuildings to the global fleet, which are increasingly more efficient and standardized. A chain of more than 2 000 international ports on different continents is no less important, supporting cargo handling and associate services to ships.

Для цитирования: Демешко Г.Ф., Власьев М.В. Анализ состояния и организации работы мирового транспортного флота как основного звена международной торговли. Труды Крыловского государственного научного центра. 2023; 4(406): 146–165.

For citations: Demeshko G.F., Vlasiev M.V. Analysis of the status and organization of the world merchant fleet as the main link in international trade. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2023; 4(406): 146–165 (in Russian).

Materials and methods. The work has used a wide list of references: research papers, statistics, strategy documents, web resources and specialist reviews. The authors applied various types of comparative analyses.

Main results. Analysis of the configurations, characteristics and trends has been done for the global merchant fleet as well as marine ports featuring various water areas, multifaceted infrastructure and port operation specifics characterized by common principles of organization and functioning irrespective of their locations and national authorities.

Conclusion. Sizes and numbers of ships in the global merchant fleet increase with the growth of international trade. Huge vessels, gigantic ports and shipyards, shipping routes, which cross the globe, are skillfully managed because of digital technologies and advanced research supporting the design, construction and operation of the global fleet and port facilities.

Keywords: merchant fleet, container ship, bulk carrier, shipping, international trade, seaport, port fleet, ship calls, port tug, berth, bunkering vessel.

The authors declare no conflicts of interest.

В настоящее время не менее 80 % объема всей международной торговли осуществляется с использованием морских перевозок. Только судами можно перемещать на огромные расстояния между странами и континентами все увеличивающиеся объемы сырой нефти и нефтепродуктов, руд, угля, кокса, минерально-строительных грузов, удобрений; грузов химических и опасных, зерновых и зернофуражных, скоропортящихся, лесных, накатных, тяжеловесных и крупногабаритных, генеральных (штучных), контейнеризированных, продовольствия, овощей и фруктов, машин, промышленной продукции и т.д.

Международное морское судоходство является самым важным инструментом в организации глобального товарообмена. Его объемами и потребностями определяется количественный и качественный состав мирового транспортного флота как важнейшего инструмента торговли.

Трансграничность мирового судоходства привела к тому, что национальная или страновая (флаговая) принадлежность судов в мире давно перестала играть роль, поскольку, как везде в бизнесе, всем в судоходстве управляют не администрации той или иной страны или госорганы, а финансы, которыми оперируют крупнейшие, преимущественно транснациональные, судоходные компании. Применительно к судам речь идет, прежде всего, о стоимости доставки груза (фрахтовых ставках) и времени ее осуществления.

Составляющие мировой флот морские суда, при всем многообразии их типов, размеров и происхождения по месту проектирования и постройки, в пределах совокупностей судов одинакового назначения весьма однотипны по параметрам и характеристикам, оборудованию и устройству. Эти суда давно потеряли национальные признаки (к тому же до 70 % из них ходят под т.н. удобным флагом), а постройка около 90 % всех спускаемых на воду новых транспортных судов (по дефайту) производится в КНР, Южной Корее и Японии, где сосредоточено

буквально поточное производство стандартных транспортных судов. Глобализация мировой экономики обусловила интернациональность судов с точки зрения как их создания, так и эксплуатации с постоянными переходами на огромные расстояния по всему миру, в результате чего поставщики линейно либо трампово доставляют потребителям готовую продукцию, продовольствие и сырье.

Многие годы наиболее массовым продуктом транспортировки в мировом судоходстве была нефть, которая, в силу ограниченности мест ее залегания и добычи, требовала перемещения потребителям по всему миру. Сегодня эти объемы только увеличились, вместе с тем еще более резко выросли балкерные перевозки, прежде всего сырья и продовольствия. А в последние десятилетия гигантский прыжок экономики Китая и других соседних с ним «тигров» превратил этот регион в мировую производственную площадку готовой продукции, которая в основном контейнерами отправляется заказчикам по всему земному шару. Это еще более трансформировало и резко увеличило количественный и качественный состав МТФ и средств обеспечения его эксплуатации.

Транспортный флот, являясь важным инструментом мировой торговли и экономики в целом, исключительно чувствителен ко всем катаклизмам и кризисам – и политическим, и финансовым (мировой экономический кризис 2008–2009 гг., влияние пандемии 2020–2021 гг., авария с контейнеровозом в Суэцком канале, энергетический кризис с его скачками стоимости нефти и нефтепродуктов и т.п.). Их воздействие находит отражение в объемах перевозок грузов и количестве задействованных судов (например, в числе судозаходов в порты) (рис. 1), в увеличении транспортных издержек, а из-за этого – в сокращении заказов на постройку новых судов и снижении инвестиций в портовую инфраструктуру. Наиболее чувствительны, как всегда, не имеющие финансовой «подушки» бедные страны и регионы.

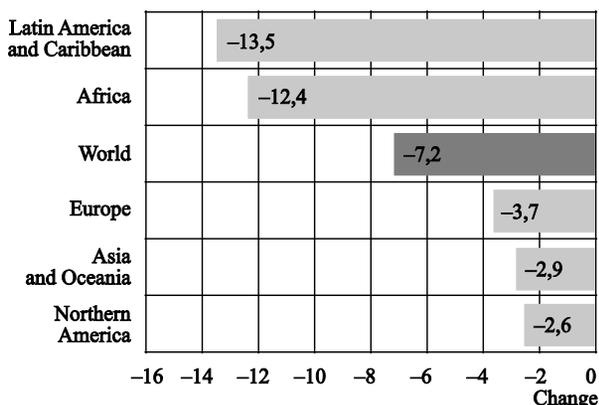


Рис. 1. Падение количества судозаходов в порты (в %) в различных регионах мира в «пандемийный» период: III квартал 2020 г. – II квартал 2022 г. [25, 27]

Fig. 1. Drop of ship calls at ports (%) in different regions of the world during pandemic period; 3rd quarter of 2020 – 2nd quarter of 2022 [25, 27]

Совокупность кризисных обстоятельств вызвала заметное увеличение времени контейнерооборота в портах ряда стран (включая США): с 10 до 13,7 %. Ставки тарифов (стоимость отправки 1 контейнера (TEU)) за «пандемийное» время к 2022 г. выросли в 5,5 раза, хоть и начав затем снижение. То же имело место и после закрытия Суэцкого канала в марте 2021 г., когда севший на мель контейнеровоз «Эвер Гивен» вместимостью 20 150 TEU заблокировал канал, ограничив провозную способность морского транспорта и пропускную способность портов. Вынужденные рейсы вокруг мыса Доброй Надежды увеличили маршрут на 7000 миль. Все это, в свою очередь, вызвало резкий рост тарифов, надбавок и сборов, способствуя при этом повышению рентабельности морских перевозок, но ожидаемо приводя к росту потреби-

тельских цен на товары и повышению инфляции даже в тех странах, где ее не было много лет.

Подобные мировые потрясения сдерживают, замедляют, но не останавливают тенденции неуклонного развития и роста объемов торговли и численности обеспечивающего ее транспортного флота, отражаясь на приоритетности типов и размерах судов, на рентабельности портов захода и протяженности маршрутов.

По сравнению с 2001 г. К 2021 г. В мировом торговом тоннаже произошли серьезные трансформации, отражающие изменения глобального спроса на транспортные услуги флота [27]. Его общий мировой тоннаж составил 2,13464 млрд т девейта при совокупной численности 99 800 судов валовой вместимостью 100 бр. рег. т и более (на 1 апреля 2015 г. их насчитывалось около 87 тыс.). При этом сократились доли танкерного тоннажа – с 42,0 до 29 % и общего тоннажа судов для генеральных грузов – с 12,7 до 3,6 %. Одновременно повысилась доля балкерного тоннажа – с 35,7 до 42,77 % и контейнерного – с 8,8 до 13,2 % (остальные типы судов составили по тоннажу всего 11,43 %). Среди судов других назначений целесообразно отметить, что из 11,43 % сжиженного природного газа (СПГ или LNG) танкеры составили 3,63 %; весьма вырос (до 3,63 %) и тоннаж судов снабжения, обслуживающих добычу углеводородов на шельфе. В отношении балкеров это связано с тем, что имел место высокий рост перевозок навалочных грузов: в целом за 15 лет их объем возрос в 2,4 раза, в т.ч. железной руды – в 2,9 раза, угля – в 2,4 раза, зерна – в 1,5 раза. Мировые контейнерные перевозки за тот же период выросли в 2,6 раза.

В [27] также отмечено, что из-за кризисов последнего десятилетия средний возраст грузовых судов в мире увеличился к 2022 г. с 20 до 22 лет (рис. 2). Здесь видно, что взрывной рост контей-

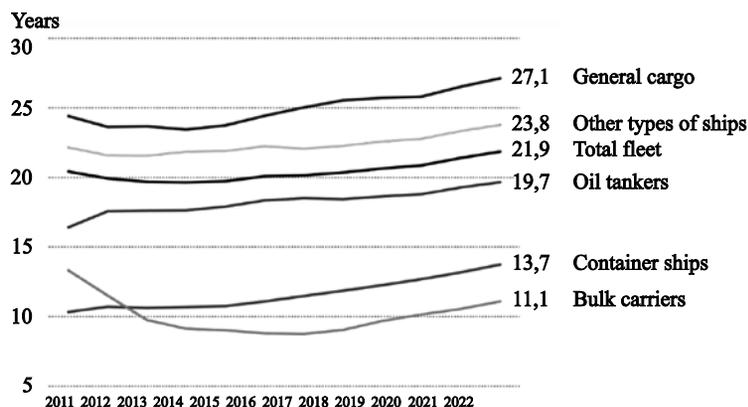


Рис. 2. Динамика среднего возраста торговых судов мирового флота (различных типов и флота в целом) на период 2011–2022 гг. [27]

Fig. 2. Dynamics in the average age of merchant ships (ship types and global) for 2011–2022 [27]

нерных и балкерных перевозок способствует тому, что суда этих типов оказываются самыми «молодыми» из всех рассмотренных. Самый «возрастной» и стареющий – флот судов для генеральных (штучных) грузов, активно вытесняемый контейнерными судами (с ~25 лет вырос до более 27).

Говоря далее обо всех транспортных судах, следует отметить, что их загрузка и последующая разгрузка всегда и везде производятся в особых и также однотипных, по существу стандартных условиях, которые представляют заходящим в них судам морскими портами, хотя они и значительно отличаются своими размерами и оснащённостью.

Современные крупные морские порты – это транспортно-логистические образования, которые в последние десятилетия стали не столько т.н. перевалочными базами, принимающими, хранящими и отправляющими грузы, сколько портово-промышленными комплексами (ППК). Такие ППК являются опорными элементами экономики прилегающих территорий, а в отдельных случаях – и всей страны их принадлежности и даже соседних стран, что присуще, например, нидерландскому порту Роттердам как самому крупному в Европе [11].

В мире насчитывается более 2200 портов, из них около 900 находится в Европе, более 500 – в Америке, около 400 – в Азии, остальные – в других регионах. При этом на долю Азии приходится около 70 % крупнейших портов мира, из них около 40 – на долю одного Китая [23].

Портовый бизнес – один из самых прибыльных. Среди портов некоторые обрабатывают до сотен миллионов тонн разнообразных товаров в год. Например, занимающий лишь 17-е место среди крупнейших контейнерных портов мира Лос-Анджелес предоставляет около 16 тыс. рабочих мест и \$40 млрд годовых поступлений в казну страны. В порту Гамбург и прилегающей промзоне занято 130 тыс. работников, а в порту Роттердам – и вовсе 365 тыс. человек.

Среди морских портов мира большинство являются универсальными, в их числе – китайский Шанхай, нидерландский Роттердам, российский Новороссийск. Имеются и специализированные порты: пассажирские, контейнерные, нефтяные, лесные, угольные, рыбные или военно-морские, именуемые базами (ВМБ). В универсальных портах специализация имеет место на их т.н. грузовых районах.

Грузооборот морских портов в зависимости от видов обрабатываемых ими грузов принято измерять либо в млн т прошедших через них грузов, либо в 20-футовом эквиваленте TEU, если грузы контейнеризованы. TEU – это международно

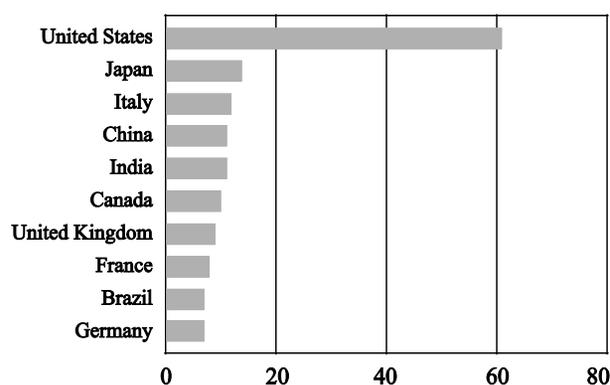


Рис. 3. Распределение по миру крупнейших нефтепортов [23, 24]

Fig. 3. Distribution of major oil ports around the world [23, 24]

принятая условная единица измерения вместимости при подсчете грузооборота контейнерных терминалов (в т.ч. судов-контейнеровозов) и морских портов. В пересчете на тонны 1 TEU принимается в 21,6 т. Каждый из перечисленных грузов должен обрабатываться соответствующими его специфике перегрузочными комплексами и оборудованием.

Сырая нефть и нефтепродукты остаются одними из самых перемещаемых по миру товаров (~61 % из них перевозится морем). Трансокеанские массовые перевозки нефти эффективны при использовании супертанкеров. Технические характеристики самого крупного из построенных в мире транспортных судов ULCC (Ultra-large crude carrier) Knock Nevis (Норвегия), которое эксплуатировалось в 1976–2010 гг., таковы: $L = 458,45$ м, $B = 68,86$ м, $T = 24,611$ м, водоизмещение 646 642 т (до 657 тыс. т), $DW = 564\ 763$ т, $N_{сг\у} = 50\ 000$ л.с., $v = 13$ уз.

Такие гиганты, впрочем, испытывают немало проблем в эксплуатации. В частности, данное судно чрезвычайно трудноуправляемо: его тормозной путь – 10,2 км, а диаметр циркуляции >3,7 км; ему был закрыт проход через Ла-Манш (из-за опасности сесть на мель), имелись трудности и с техническим обслуживанием. Для отгрузки и разгрузки нефти супертанкер мог обрабатываться только на выносных причалах, которые позволяли обслуживать его далеко в море, уходя от проблемы малых глубин акватории порта в береговой зоне традиционных причалов и способствуя большей безопасности обращения с таким опасным грузом, как нефть.

Специализированные крупные нефтепорты сосредоточены в 10 странах, причем более 60 из них находятся в США (рис. 3). Среди них крупнейший в мире – выносной порт в Луизиане, в 29 км от по-

бережья (за пределами экономической зоны), где обрабатываются заходящие танкеры. Построенный в 1981 г., порт способен принимать танкеры длиной до 366 м и имеет три выносных причальных устройства (ВПУ). Его морской терминал (аванпорт) и береговые подземные резервуары для нефти вместимостью ≈ 60 млн баррелей связаны трубопроводами. Один этот порт принимает 13 % сырой нефти, импортируемой в США.

Однако самый крупный по тоннажу – флот транспортных судов (балкеров). Это суда для перевозки бестарного товара, т.е. навалочных и насыпных грузов: узкоспециализированные – рудовозы, цементовозы, углевозы, зерновозы, лесовозы, а также универсальные – перевозящие любые подобные грузы. В процентном отношении к численности всего мирового торгового флота (по количеству) балкеры занимают 21 %, при этом 80 % от общего количества балкеров построено в Южной Корее.

В последние годы наиболее массовые перевозки таких грузов осуществляются на все более крупных судах класса Capesize, которые из-за больших размеров не могут проходить через Панамский или Суэцкий каналы и вынуждены обогнуть мыс Горн в Южной Америке или мыс Доброй Надежды на юге Африки. Обычно они имеют дедвейт свыше 150 тыс. т. Такие суда, как правило, узко специализированы: 93 % перевозимого ими груза составляют уголь и руда.

Те суда, которые относят к Capesize, и называются классическими балкерами, поскольку самые большие из современных навалочников выделены в особую группу рудовозов, насчитывающую около 100 таких судов и именуемую VLOC («очень большой рудовоз»). Они приспособлены исключительно к перевозке очень тяжелого груза, каким является железная руда, требующая при транспортировке относительно мало объема ($0,392 \text{ м}^3/\text{т}$). Это позволило с целью безопасности в отношении прочности и для достижения приемлемой остойчивости снабдить такое судно продольными переборками, сокращающими размеры трюмов, в которые при попытке перевозить в них относительно легкие навалочные грузы не может быть реализована его расчетная грузоподъемность из-за недостатка вместимости (например, каменный уголь имеет удельный погрузочный объем $\approx 0,8 \text{ м}^3/\text{т}$).

Рудовозы VLOC обладают дедвейтом, превышающим 400 тыс. т. Эти суда при всей кажущейся простоте конструктивно оказываются намного более сложными по сравнению с танкерами – именно из-за специфики перевозимого груза, создающей серьезные проблемы с использованием их избыточного внут-

реннего пространства, с обеспечением их продольной и поперечной прочности, с управляемостью (как и супертанкеры). Подобно танкерам, в обратном рейсе за грузом они идут исключительно в балласте.

Поставщиками железной руды (ее главный потребитель – Китай, в годовом исчислении выплавляющий $\approx 1,033$ млрд т стали (2021 г.)) – 53 % мирового производства) являются Бразилия и Австралия. При этом для последней проблема использования сверхкрупных навалочников заключается в малых глубинах принимающих портов.

Самое большое судно VLOC – рудовоз Ore Brasil, построенный южнокорейской компанией Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering в 2011 г. Его главные размеры: $L = 362 \text{ м}$, $B = 65 \text{ м}$, $H = 30,4 \text{ м}$; $DW = 402\,347 \text{ т}$ (т.е. чистая грузоподъемность – $\approx 400\,000 \text{ т}$). Другие характеристики: семь трюмов общим объемом $219\,980 \text{ м}^3$; $v = 15 \text{ уз}$ (эксплуатационная – на 2–3 уз меньше); скорость погрузки – $13\,500 \text{ т/ч}$; осадка в полной загрузке $T = 23\text{--}24 \text{ м}$. Такие суда эксплуатируются исключительно на линии Бразилия – Китай (трансокеанский рейс – 45 суток) [28, 29] и обслуживаются глубоководными терминалами. Всего несколько портов в мире могут принять это судно в полной загрузке. Эта проблема и сдерживает дальнейший рост размеров таких судов, вызывающий еще и упомянутую проблему их управляемости на малых скоростях (а они относятся к тихоходным судам).

Отмеченная динамика развития балкерного флота, как видно из истории с рудовозами, обусловлена стремительным развитием промышленного производства той или иной продукции, требующей доставки огромных объемов сырья и последующего вывоза готовой продукции. Так, в Китае в 2019 г. произведено 2,2 млрд т цемента, что составило более 54 % его выпуска в мире.

Говоря о специализации портов или их грузовых районов, следует особо отметить стремительно растущую роль контейнеризации перевозок генеральных грузов, в т.ч. рефрижераторных, что привело к свертыванию заказов на специализированные рефрижераторные суда и на универсальные сухогрузы для генеральных грузов. Контейнеризация морских перевозок способствует сокращению времени и расходов на обработку грузов, облегчает их перегрузку с одного вида транспорта на другой. В [25] отмечается, что среднее время обработки одного контейнерного судна в порту, по данным 20 ведущих стран, составляет около 20 ч (из интервала от 13,4 (в Дании) до 47,5 ч), что для других типов сухогрузных судов недостижимо.

Рис 4. Топ-50 крупнейших портов мира по грузообороту TEU [23]

Fig. 4. Geography of major container ports [23]



По данным 2019 г., годовой мировой контейнерооборот в совокупности составлял около 800 млн TEUs (в), что по тоннажу соответствует миллиардам тонн перевезенных в них различных грузов. Это часто заметно уступает другим видам перевозимых грузов, но их доля в стоимостном выражении достигает до 60 % от общего оборота морских грузов. Здесь особенно важно, что перевалка контейнеров, груз в которых обладает высокой добавленной стоимостью, стала самым высокодоходным бизнесом относительно обработки других видов грузов. Именно здесь наиболее успешно и прибыльно работают крупнейшие судоходные компании, специализирующиеся на транспортировке контейнеров по всему миру. Наиболее известны семь из них:

- Mediterranean Shipping Company S.A. (MSC) – Швейцария;
- A.P. Moller – Maersk Group – Дания;
- Группа CMA CGM – Франция;
- China Ocean Shipping (Group) Company (COSCO) – Китай;
- Harpag-Lloyd – Германия;
- Evergreen Marine – Тайвань (Китай);
- Ocean Network Express (ONE) – Япония – Сингапур.

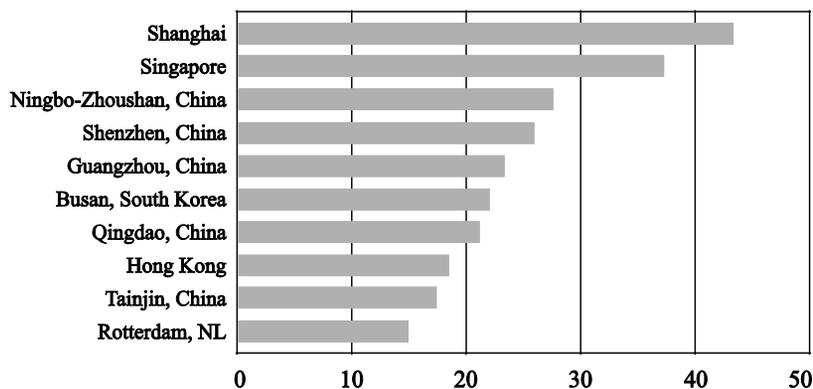
Если расширить географию подобных судоходных компаний и взять данные по ним на 2022 г., то выясняется, что 10 из них владеют и управляют флотом контейнеровозов в количестве 3436 судов с совокупной контейнероёмкостью 21 929 522 TEU. Это даёт медианное значение вместимости условного контейнеровоза в 6382 TEU, которая у значительного количества судов из этой выборки превышает 18 000 TEU [33].

Обработка контейнерных грузов с целью ее интенсификации и ускорения потребовала революционных решений в организации процесса перевалки и оснащении контейнерных терминалов и портов. Ширина штабеля на крупнейших контейнеровозах в 22...23 TEU и более для обработки их у причала требует соответствующих по вылету кранов (например, краны STS (ship-to-shore – «судно – берег» с вылетом 46...70+ м и высотой подъема 30...49 м) [22]. Доля контейнерных перевозок в общем объеме грузооборота той или иной страны стала важнейшим показателем степени ее интеграции в международную торговлю.

При этом 33 из 49 крупнейших специализированных контейнерных портов (рис. 4 и 5) территориально относятся к Азиатско-Тихоокеанскому региону, где,

Рис. 5. Топ-10 крупнейших контейнерных портов мира (контейнерооборот в млн TEU/год) [23, 24]

Fig. 5. 10 largest container ports of the world (container turnover in million TEU/year) [23, 24]



как отмечено выше, отгружаются массово производимые здесь промышленные товары, а не дешевое сырье. Из этих портов более половины – в Китае, в т.ч. по ранжиру: 1-й (п. Шанхай в устье р. Янцзы – переместил в 2020 г. 43,5 млн TEU, что соответствует более 750 млн т груза (25 % экспорта страны) [24]), 3-й, 4-й, 5-й, ... (6 из 10). Это иллюстрирует тот факт, что Китай еще в 2019 г. произвел 28,7 % мировой промышленной продукции, преимущественно идущей на экспорт – на \$2,6 трлн [24]. Карта размещения портов обозначает наиболее загруженные маршруты перевалки контейнерных грузов.

Наблюдается стремительный рост количества и вместимости вводимых в эксплуатацию контейнерных судов. При этом контейнеровместимость самых крупных из них приблизилась к 25 000 TEU. Так, в КНР весной 2023 г. сданы сразу два самых больших в мире контейнеровоза. Вместимость построенного в Шанхае на верфи Jaingsu Yangzi Xinfu Shipbuilding и переданного заказчику (упомянутой компании MSC) 9 марта 2023 г. MSC Irina составляет 24 346 TEU, он имеет размерения $L = 399,99$ м, $B = 61,3$ м, $T = \sim 17$ м, $DW = 240\,000$ т и плавает под флагом Либерии. Его «собрат» MSC Tessa практически в тех же размерах принимает 24 116 TEU. Еще три однотипных судна в Китае были сданы в 2023 г.: MSC Mariella – в июне, MSC Mette – в июле и MSC Claude Girardet – в сентябре. Сравнение с 400 м рудовозом Ore Brasil показывает, что осадка такого же по длине контейнеровоза на 6...7 м меньше из-за кардинально отличающейся удельной погрузочной кубатуры их грузов и, соответственно, DW .

Современные контейнерные терминалы оборудуются не только высокопроизводительной автоматизированной системой погрузки/разгрузки судов, но и системой распознавания изображений с целью идентификации и регистрации контейнеров, которые въезжают и выезжают из порта. С точки зрения логистики это обеспечивает оперативный поиск любого из тысяч обрабатываемых контейнеров.

В то же время годовой грузооборот крупнейших портов мира, определяемый в млн т за 2021 г. (табл. 1), также возглавляют китайские порты (1-е, 2-е, 3-е места и всего 8 из первой десятки). Крупнейший европейский порт Роттердам (который вместе с водными путями р. Рейн образует «Ворота Европы») в этом рейтинге на 11-м месте (а с 1968 по 2004 г. это был крупнейший порт мира).

Здесь самый крупный контейнерный порт мира Шанхай, будучи в то же время универсальным, в этом качестве по совокупности оказался на 2-м месте, уступив первенство своему соотечественнику – п. Нинбо-Чжоушань.

В России к 2020 г. грузооборот всех морских портов составил 840,3 млн т (удвоившись за последние 10 лет). Из него 464 млн т составил объем наливных грузов и 376 млн т – объем сухих. Среди грузов, транспортируемых РФ:

- уголь (176 млн т),
- сырая нефть (276,1 млн т),
- нефтепродукты (149 млн т),
- грузы в контейнерах (56,5 млн т),
- зерно (38,6 млн т).

Таблица 1. Грузооборот крупнейших портов мира в 2021 г. [23, 24]

Table 1. Cargo turnover of major world ports, million tons/year [23, 24]

№	Порт	Страна	Грузооборот в год, млн т
1	Нинбо-Чжоушань	Китай	1224,1
2	Шанхай	Китай	769,7
3	Таншань	Китай	722,4
4	Сингапур	Сингапур	599,6
5	Гуанчжоу	Китай	623,7
6	Циндао	Китай	630,3
7	Сучжоу	Китай	565,9
8	Хедленд	Австралия	553,3
9	Жичжао	Китай	541,2
10	Тяньцзинь	Китай	529,5
11	Роттердам	Нидерланды	468,7

Рис. 6. Схема морского порта Новороссийск (грузооборот ≈ 157 млн т в год)

Fig. 6. Scheme of Novorosiisk sea port (cargo turnover about 157 million t/year)



Наибольшая доля российского грузооборота приходится на порты Азово-Черноморского и Балтийского бассейнов:

- Азово-Черноморский бассейн – 258,1 млн т,
- Балтийский бассейн – 256,4 млн т,
- Дальневосточный бассейн – 213,5 млн т,
- Арктический бассейн – 104,8 млн т,
- Каспийский бассейн – 7,4 млн т.

Морское портовое хозяйство России насчитывает свыше 870 портовых комплексов совокупной мощностью 876 млн т/год с протяженностью причального фронта около 140 км в 63 морских портах. При этом, как показано выше, более 75 % грузооборота наших портов приходится на экспорт нефти, нефтепродуктов, навалочных и насыпных грузов [2, 22, 23]. Потенциал контейнерооборота портов РФ – 8,7 млн TEU/год (это едва превышает 1 % мирового объема), из этого доля

Санкт-Петербургского порта – 5 млн TEU/год. Крупнейшими портами РФ на «предпандемийный» 2019 г. являлись Новороссийск (рис. 6) и Усть-Луга с грузооборотом, соответственно, 156,826 и 103,82 млн т.

Современный морской порт – это сложное разнотранспортное комплексное предприятие, как правило, располагающееся на огромной территории у кромки суши в глубокой бухте, в заливе или в устье большой реки. Оно включает береговую зону и примыкающую акваторию – гавань, надежно защищенную от волн и ветра открытого моря участками суши, чему естественным или рукотворным барьером могут служить острова, мысы или искусственные оградительные сооружения – молы, дамбы, волноломы (иллюстрируется на примере общих видов портов Новороссийск и Роттердам, рис. 6 и 7). Акватории порта выбираются так, чтобы



Рис. 7. Панорама порта Роттердам

Fig. 7. View of Rotterdam port

минимизировать объемы работ по дноуглублению и волнозащите как наиболее затратных. Портом контролируется также примыкающая к гавани морская зона – рейд, где пришедшие в порт суда на якорной стоянке ожидают обслуживания, если все причалы или другие обеспечивающие структуры заняты.

Кроме того, порт представляет собой многопрофильное масштабное хозяйство, располагающееся на достаточной для выполнения его функций площади, предназначенной для безопасного приема и погрузочной/разгрузочной стоянки заходящих судов, накопления, хранения и передачи (отгрузки)/приема грузов на эти суда / с судов. Порт является мощным инструментом внутренней и внешней торговли своей страны и, в большей или меньшей степени, международной торговли. Доставленные на приходящих судах транзитные грузы (в т.ч. средствами порта) водным, железнодорожным и автомобильным транспортом переправляются с его территории к заказчикам вглубь суши, что должно быть обеспечено удобными подходами. Этими же региональными видами транспорта сюда приходят грузы, готовящиеся к отправке приходящими за ними судами в другие регионы страны или мира, и здесь происходит их накопление и хранение.

В состав морского порта входит множество различных видов специальной инфраструктуры, оборудования, устройств, производственных и грузовых участков и районов: гидротехнические сооружения в виде протяженных, оснащенных средствами обработки судов причалов, вокзалов (для пассажиров), специализированных терминалов, выносных причальных устройств для операций с жидкими грузами, сухие и плавучие доки и плавмастерские для технического обслуживания и ремонта судов, а также открытые и закрытые склады, наземные и подземные резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов, береговые и плавучие средства бункеровки судов, подъемно-транспортные комплексы, мастерские, перегрузочные комплексы для особых грузов (зерно, СПГ и т.п.), железнодорожные пути, средства коммуникации. И строительство новых портов, и модернизация существующих, и даже поддержание работоспособности действующих портов исключительно затратны. Особенно дорого сооружение гидротехнических сооружений.

Порт предоставляет все виды необходимого обслуживания и снабжения для заходящих судов. Особое значение придается обеспечивающему функционирование порта служебно-вспомогательному флоту

(портофлоту), работающему в водном ареале порта и вблизи него и включающему множество типов судов разного назначения. Все эти элементы хозяйства тесно взаимодействуют при выполнении портом производственных функций.

В РФ морской порт с его портовым флотом в соответствии с требованиями и положениями международных конвенций, Кодекса Международной морской организации (далее ИМО или ИМО), федеральных законов (включая ФЗ «О морских портах») и пакетов многочисленных нормативных правил (в т.ч. МРС РФ) и положений обеспечивает весь процесс обслуживания заходящих судов, способствуя их безаварийной работе во время пребывания в порту, поддерживая работоспособность инфраструктуры портового хозяйства и всей акватории, гидрологическую, экологическую и транспортную безопасность, а также транспортное обеспечение самого порта. Особая роль портофлота заключается в создании гарантий охраны человеческой жизни на море и в предотвращении загрязнения окружающей среды.

Морской порт характеризуется рядом следующих признаков и показателей работы, в совокупности определяющих его специализацию, навигационные ограничения, пропускную способность, оснащенность оборудованием для переработки прибывающих/отправляемых грузов:

- годовой грузо- и/или пассажирооборот (в млн т груза, в количестве обработанных TEU, в количестве обслуженных пассажиров);
- площадь территории (в км²);
- ограничения по глубинам акваторий подходных путей и у причалов;
- максимально возможный размер обслуживаемых судов (преимущественно по осадке и длине);
- общая протяженность причальных линий;
- вместимость складов и накопительных территорий;
- степень оснащенности оборудованием грузообработки, механизацией и автоматизацией;
- годовое/месячное количество судозаходов;
- количество одновременно находящихся судов;
- номенклатурный и количественный состав портофлота.

Эти характеристики вместе со ставками на операции по портовому обслуживанию определяют место каждого порта в иерархии среди себе подобных и предпочтительность в выборе для захода обрабатываемых судов.

Одним из важнейших ограничений для заходящих в порт судов считаются навигационные глуби-

ны акватории у причалов и в подводных каналах. К примеру, глубина акватории у причалов Санкт-Петербургского морского порта – до 11,9 м (различаясь, как и везде, от причала к причалу), его морского подходного канала – до 14 м (при протяженности 29,6 км). Глубины у причалов порта Новороссийск – до 19 м (для танкеров), в порту Сингапур – 20 м, в порту Роттердам у ряда причалов – более 23 м. Эта характеристика ограничивает размеры заходящих судов у большинства из существующих портов, т.к. дноуглубительные работы и очистка акватории порта для приема более крупных судов и от заноса и заиливания чрезвычайно дороги. В этой связи, например, глубины акватории специализированного нефтяного порта Приморск допускают прием танкеров с осадкой не более 15 м и водоизмещением до 150 000 т.

В табл. 2 приведены наиболее важные характеристики ряда портов мира.

При сохранении всех условий безопасности и экологических ограничений главный показатель эффективности в портовых операциях с обрабатываемыми судами заключается в сокращении времени проведения операций грузообработки судов и продолжительности непроизводительных простоев. Все это – при эффективном использовании имеющихся мощностей порта: причалов, средств механизации, всей номенклатуры служебно-вспомогательных судов и т.д. [2, 5, 10, 15, 20, 23, 24]. В [25, 27] указано, что наиболее оперативно обрабатываются в портах захода суда, перевозящие жидкие грузы LNG, LPG, химические – среднее время их пребывания в порту составляет 0,98...1,13 сут.; балкеры разгружаются примерно в 2 раза дольше, а контейнеровозы являются абсолютными рекордсменами – 0,8 сут.

Заходящие суда, начиная с момента их подхода к порту и заканчивая выходом в очередной рейс, обеспечиваются всевозможными услугами со стороны служб порта, и многие из таких услуг выполняются с участием портофлота. К основным видам работ портофлота по обслуживанию заходящих в порт судов относятся:

- лоцманское, буксирное и служебно-пассажирское обслуживание;
- снабжение топливом, смазочными маслами, пресной водой, продовольствием;
- ледокольное обслуживание в замерзающих портах в ледовый период;
- спасательная и противопожарная служба;
- очистка топливных танков судов всех типов и грузовых танков танкеров;

- сбор судового мусора и загрязненных жидких сред;
- ремонтное и сервисное обслуживание;
- гидрологическая защита акватории порта и подходов путей;
- обеспечение транспортной и экологической безопасности территории порта, включая ликвидацию аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ЛРН) и др.

Под портовыми судами (портофлота) подразумеваются:

- лоцмейстерские (обстановочные) суда, лоцманские суда и катера;
- буксиры-кантовщики;
- швартовные катера;
- бункеровочные суда: снабжение мазутом, дизтопливом, СПГ и маслом;
- ледоколы;
- водолеи;
- пожарно- и аварийно-спасательные суда, катера и водолазные боты;
- нефтемусоросборщики и сборщики льяльных вод; суда, предназначенные для выполнения задач ЛРН;
- служебно-разъездные и медицинские суда и катера;
- плавучие краны;
- дноуглубительные средства;
- плавдоки, плавмастерские и др.

Большое разнообразие работ, выполняемых портовым флотом, обусловило, в свою очередь, многообразие и неоднородность его состава и значительную номенклатуру типов судов, которые классифицируют по ряду признаков.

Так, по району плавания суда портового флота укрупненно делят на морские и речные (к примеру, крупнейшие порты мира Шанхай и Роттердам являются одновременно и морскими, и речными). По назначению их подразделяют на служебно-вспомогательные суда (прежде всего, обеспечивающие функционирование порта в целом и обслуживающие потребности заходящих судов) и суда местного транспортного флота (выполняющие региональные операции с проходящими через порт грузами и пассажирами и доставляющие спецперсонал, рабочих, членов администрации и сервисных служб и экипажей заходящих судов).

Некоторые суда портофлота (например, буксиры, бункеровщики, плавкраны, плавдоки, аварийно-спасательные, ледоколы) могут привлекать к работам в соседних портах, что увеличивает степень загрузки этих судов, а вместе с тем обеспечивает

Таблица 2. Характеристики ряда портов мира
Table 2. Features of some major world ports

Характеристики / порты	Гамбург (ФРГ)	Шанхай (КНР), крупнейший контейнерный порт мира	Восточный (Россия)	Новороссийск (Россия)	Владивосток (Россия)	Роттердам (Нидерланды), в 1926–1986 гг. – крупнейший порт мира
Специализация	Универсальный	Универсальный	Угольный (с переспективной универсализации)	Универсальный	Универсальный	Универсальный
Местоположение	Устье реки Эльбы, в 80 км от Северного моря	Устье реки Янцзы, в 100 км от Восточного моря	Приморский край, залив Находка, бухта Врангеля	Цемеская бухта Черного моря	Северо-запад бухты Золотой Рог и часть акватории Амурского залива	Устья рек Рейн и Маас, сообщаются с Северным морем
Площадь территории, кв. км	43,31	3619,6	66,37	344	161,8	127,1
Глубина у причалов, м	4,8...13 м	15,4	до 22 (суда DW до 180 000 т)	13,1 (внутренняя гавань – до 19 (у ВПУ))	10...15 / на подходе 25...30	15...19 (до 23)
Максимальные длины заходящих судов, м	400	400	400	295,2 (внутренняя гавань – 324 (у ВПУ))	400	Нет ограничений (максимальная длина принятого судна – 348 м)
Грузооборот в млн т / год	128,7, в т.ч. 8,7 млн TEU (2020 г.)	769,7, в т.ч. 43,3 млн TEU (2020 г.)	83,23	156,826 (2019 г.)	32,2 (2022 г.)	468,77, в т.ч. 14,8 млн TEU (2019 г.)
Длина причалов	43 км (300 причалов)	Более 20 км (125 причалов, 19 терминалов)	6,55 км (30 причалов)	16,286 км (87 причалов)	12,915 км (65 причалов)	89 км (122 традиционных и 23 выносных причала)
Количество судозаходов / год	7371 (2021 г.)	9647 (2022 г.)	2607 (2021 г.)	5096 (2021 г.)	5903 (2021 г.)	28 170 морских + 92 552 речных (2020 г.)

повышение бесперебойности работы портов. В табл. 3 приведены данные по номенклатуре и составу портофлота ряда портов России и мира.

Следует особо выделить непрерывно усиливающуюся тенденцию использования судов вспомогательного флота, наделяемых сочетанием множества функций (буксирных, аварийно-спасательных, пожарных, лоцманских, служебно-разъездных, ЛРН и т.п.).

Все типы судов портового флота объединены следующими специфическими свойствами, требованиями и ограничениями, определяемыми особенностями их работы в акватории порта и на подходах к нему:

- минимальные линейные размерения, диктуемые стесненными условиями судоходства в порту;
- для большинства типов судов портофлота – повышенная маневренность, в т.ч. на малых скоростях и при отсутствии хода, и требования по динамическому позиционированию с целью стабильного удержания судна в конкретной

точке и на курсе при выполнении им работ без использования якорей или швартовых концов (особенно для буксиров-кантовщиков, бункеровщиков, лоцманских судов);

- для буксиров, ледаколов и бункеровщиков: обеспечение частой смены ходовых режимов судовой энергетической установки (СЭУ) в условиях маневрирования, для чего – предпочтительность СЭУ с винторулевыми колонками (ВРК), винтами регулируемого шага (ВРШ), с электродвижением;
- ограничения по времени подготовки к выходу обслуживающего судна на задание;
- высокий уровень автоматизации работы СЭУ, устройств, систем и средств управления судном;
- повышенная надежность систем, устройств и энергетического оборудования, в т.ч. взрыво- и пожаробезопасность, безопасность эксплуатации, простота в обслуживании, ремонтпригодность;

Таблица 3. Состав портового флота в ряде портов мира

Table 3. Configuration of port vessels in Hamburg (Germany), Novorosiisk, Vladivostok, Vostochny (Russia), Rotterdam (Holland)

Тип судна / порт	Гамбург (ФРГ)	Восточный (Россия)	Новорос-сийск (Россия)	Владивосток (Россия)	Роттердам (Нидерланды)
Буксир	5	5	25	25	40
Пожарное судно	3	–	1	Спасательных – 5	Спасательных – 8
Лоцманское судно	4	1	1	3	6
Обстановочное судно (гидрограф)	5	–	1	–	–
Разъездной (пассажирский) катер	5	3	3	–	12
Рабочий катер	4	1	2	–	–
Сборщик льяльных вод	2	2	2	3	Операторов, предоставляющих полный спектр услуг – 16
Бункеровщик	5	5	20	33	Операторов, предоставляющих полный спектр услуг – 27; судов-водолеев – 12
Нефтемусоросборщик	3	3	2	5	Бонопостановщи-ков – 8
Судно снабжения (рефрижератор)	1	1	–	2	–
Ледакол	–	–	1	1	–

- оснащение автоматизированной системой контроля посадки, остойчивости, непотопляемости и программно-аппаратными средствами комплексного решения задач технического обеспечения этих свойств;
- соответствие повышенным экологическим требованиям и ограничениям национальным и со стороны международных конвенций.

Портовый флот по морским бассейнам размещен неравномерно. В значительной степени это обусловлено географическим положением конкретного порта, экономическими особенностями районов тяготения к портам отдельных агломераций и промышленных зон, специализацией порта или его грузовых районов (пассажирский, нефтяной, балкерный, угольный, зерновой, контейнерный и т.п.), природно-навигационными условиями самого порта и подводящих к нему морских путей, наличием удобных морских выходов на океанские линии и т.д.

Работа судов портофлота организационно характеризуется:

- зависимостью от множества различных факторов (многообразия функций этих судов и выполняемых ими рабочих процессов, от типа и назначения обслуживаемых ими судов, их размерений и дедевойтной группы (тоннажа) и общих навигационных условий в границах порта: величины акватории, отдаленности отстойных рейдов, соотношения глубины в портопункте и на рейде и осадок обрабатываемых судов, высоты приливов и отливов в данной акватории, а также от скоростей ветра и течений;
- случайным сочетанием типичных операций с нетипичными особенностями порта и обслуживаемого судна;
- случайным распределением во времени заявок на выполнение работ по обслуживанию судов в порту.

Качеством работы судов портового флота определяются интенсивность сменяемости судов у причалов и характер внутривортовых операций, снижение количества непроизводительных простоев обрабатываемых судов, уровень безопасности плавания в акватории порта. Эти показатели влияют на коммерческую эффективность портов и обслуживаемых ими транспортных судов, поэтому задача определения номенклатуры рациональных типов судов портофлота и их потребного количества рассматривается как первостепенная.

Учитывается также множество определяющих работу порта различных по характеру и степени

важности требований, которые предъявляются владельцами заходящих судов, владельцами обрабатываемых в порту грузов, а также администрацией самого порта, что формирует специфику и способы грузообработки конкретного обслуживаемого судна.

В целом, репутацию порта определяют следующие условия:

- судовладелец должен нести минимальные потери из-за непроизводительного простоя судов;
- порт должен эффективно использовать грузовые районы, терминалы, причалы, оборудование и суда портофлота;
- грузовладелец обязан своевременно доставить груз к месту назначения.

Рост объема морских перевозок грузов может быть достигнут за счет следующих факторов:

- количественное и качественное изменение состава транспортного флота, в т.ч. за счет использования увеличивающихся в размерах судов и специализированных судов;
- внедрение прогрессивных технологий транспортировки грузов, в частности, интернет-торговли, меняющей покупательские привычки и модели расходования средств (в результате повышается востребованность распределительных сетей и складских помещений портов, оснащенных цифровыми технологиями);
- увеличение количества портов;
- модернизация портов, а именно: проведение дноуглубительных работ; расширение акваторий; увеличение пропускной способности за счет интенсификации грузо- и судооборота (путем сокращения времени обработки каждого судна и оформления документов); модернизация оборудования и складских помещений; использование специальной погрузочно-разгрузочной техники и инфраструктуры; совершенствование логистических операций; оснащение более совершенными судами портофлота;
- повышение степени автоматизации и цифровизации логистических систем; проведение всех работ с судном и с обрабатываемым грузом с активным использованием информационных систем (с последующей их интеграцией в глобальные системы управления потоками поставок грузов);
- переход на круглогодичную навигацию (для большинства северных портов);
- соответствие требованиям по обеспечению безопасности мореплавания, включая страхование, и удовлетворение новым экологическим нормам (последним снимаются вводимые

ограничения по заходам судов во все порты и акватории мира, к тому же в большинстве стран Евросоюза это поощряется дотациями судовладельцам и служит стимулом к переходу на альтернативные экологически чистые виды топлива).

Большинство названных способов увеличения объемов грузоперевозок требует значительных капиталовложений. Так, увеличение размеров судов для снижения издержек и реализации эффекта масштаба, как отмечалось выше, серьезно сдерживается фактом, что обслуживание таких судов требует наличия глубоководных (от 20 м) причалов и кардинальной модернизации портовой инфраструктуры, что могут себе позволить лишь немногие порты. То же и в отношении использования специализированных судов, требующих оснащения причалов соответствующим оборудованием. Эффективно работающие порты формируют положительную обратную связь: высокая эффективность делает их привлекательными для захода судов, что еще больше увеличивает число судозаходов.

Кроме применения модернизированного грузо-разгрузочного оборудования и внедрения автоматизации и цифровизации, эффективным способом сокращения времени обработки приходящих в порт судов является увеличение номенклатуры и количества, а также усовершенствования судов портофлота. В частности, это требует:

- повышения мощности СЭУ судов буксирного и ледокольного флота;
- увеличения производительности средств пожаротушения пожарных судов;
- роста грузоподъемности судов-бункеровщиков;
- увеличения пассажироместимости пассажирских и служебно-разъездных судов, катеров и т.д.

Каждой группе обрабатываемых транспортных судов в зависимости от их размеров и тоннажа необходимы буксиры-кантовщики определенной силы тяги на гаке и мощности их СЭУ. Особенностью развития судов этого назначения является повышение их маневренных качеств, что достигается в значительной мере совершенствованием двигательного комплекса. В этой связи наибольшую группу судов в портовом флоте во всех портах мира составляют буксиры-кантовщики (табл. 3). Это суда преимущественно в группах мощностных диапазонов ≈ 4000 , 2500 и 1600 кВт. Предпочтение отдается азимутальным буксирам, что обусловлено характером их работы по обслуживанию современных и перспективных транспортных судов в условиях стесненной акватории.

Наряду с этим, с увеличением дальности плавания, скорости хода и ростом мощности силовых установок транспортных судов, возрастают бункерные запасы на судах. Выдача больших объемов бункера за короткое время стоянки обрабатываемого судна в порту вследствие значительного сокращения продолжительности его грузовой обработки обуславливает необходимость увеличения в составе портофлота количества судов-бункеровщиков, повышения их грузоподъемности и производительности перекачивающих насосов.

И, наконец, новое, хоть и анонсировавшееся ранее обстоятельство, в значительной мере определяющее будущее всего мирового транспортного флота. С 2020 г. последний оказался на пороге глобальных перемен, связанных с необходимостью сокращения антропогенного воздействия эксплуатации судов на окружающую среду. Это обусловлено вступлением в силу 1 января 2020 г. под эгидой ИМО12 обновленного Приложения VI к МАРПОЛ 73/78, которое значительно (хоть и поэтапно, до 2050 г.) ужесточает экологические нормы выбросов NOx и SOx в выхлопных газах СЭУ судов. Принятые ограничения распространяются на все районы судоходства, при этом они особенно жестки в зонах особого контроля, к которым относятся акватории Балтийского, Северного, Черного и Средиземного морей.

Достижение норм по NOx осуществлялось путем совершенствования судовых дизелей (Tier I, Tier II), а также применением катализаторов (Tier III), а по SOx – путем снижения содержания серы в судовом топливе. Снизить уровень вредных выбросов по сере можно двумя способами. Во-первых, использовать альтернативное, т.н. чистое, топливо с пониженным содержанием вредных составляющих. Прежде всего, это «очищенный» мазут, полученный путем разбавления, барботирования или другими дорогостоящими способами доработки, а также сжиженный природный газ – СПГ, биотопливо (биодизельное, метанол – древесный спирт), водород, аммиак. Для этого требуется разработка линейки двигателей и систем их обслуживания, способных работать на таких видах топлива. Во-вторых – устанавливать на судах скрубберы, т.е. очистители выхлопных газов двигателей.

Таким образом, в первом случае требуются дополнительные инвестиции в модернизацию судов и их адаптацию под альтернативное топливо и источники энергии. Второй вариант допускает использование дешевого традиционного мазута, но затратен и из-за высокой стоимости как самих скрубберов,

так и их эксплуатации (не говоря уже о больших габаритах скрубберного оборудования и байпасировании газовыххлопных трубопроводов).

Среди альтернативных видов топлива пальма первенства по перспективе внедрения принадлежит СПГ. Причин несколько: это экологически чистое и, что наиболее важно, самое дешевое топливо, в т.ч. по сравнению с традиционными видами. Приоритет в использовании СПГ заключается и в его освоенности в промышленности и энергетике, а также в наличии технических регламентов по обслуживанию и безопасности эксплуатации оборудования для его транспортировки. Использование водорода, метанола, аммиака экологически более привлекательно, но требует обширных затрат и по времени, и по инвестициям (что касается и работающих на таком топливе двигателей), и, особенно, по обеспечению безопасности в обращении с этими продуктами. Реализация их применения – вероятно, тот самый 2050 г., как срок полной реализации программы ИМО по экологическим ограничениям.

В ближайшие 10–15 лет следует ожидать, что соответствие принятым ИМО требованиям будет достигаться оборудованием судов скрубберами (на 2023 г. ими оборудованы ≈5000 судов) и постройкой газомоторных судов (их ≈350, и это число быстро растет). По предварительным оценкам, по мере ужесточения ограничительных требований по содержанию вредных выбросов вариант использования газомоторных судов будет окупаться еще быстрее. Вместе с тем, основным барьером перевода судов на использование альтернативных видов топлива является отсутствие или недостаток инфраструктуры в большинстве портов для соответствующей бункеровки.

Обозначается и еще одна тенденция: на судах, эксплуатирующихся по четкому расписанию и на линиях с высокой степенью оснащения соответствующей инфраструктурой, и на судах портового флота (с малой дальностью плавания) внедряются аккумуляторные батареи. В итоге такие суда становятся либо полностью электрическими, т.е. абсолютно «чистыми», либо комбинированными, т.е. часть рейса они идут на аккумуляторах, а остальной путь – на дизель-генераторах.

Все это делает необходимым обновить как сам мировой транспортный флот, так и обеспечивающую его функционирование портовую инфраструктуру с профильным флотом, что обернется значительными расходами и увеличит издержки судовладельцев, а затем и фрахтовые ставки. По озвученной в апреле 2021 г. оценке ведущего специали-

ста в области экономики морского транспорта доктора Мартина Стопфорда, МТФ для приведения в соответствие заявленным ИМО требованиям понадобится порядка \$2,2 трлн [34, 35].

Заключение и выводы

Conclusions

1. Мировой транспортный флот неуклонно растет: к 2021 г. по количеству он достиг около 100 тыс. вымпелов, а по тоннажу – 2,134640 млрд т дедвейта. Существенно трансформируется его состав, в результате чего лидируют балкерный, танкерный и контейнерный флоты. Только эти три группы по тоннажу составили 85 % от всего МТФ.
2. Окончательно утвердились фактическая идентичность и единообразие основных типов транспортных судов, потерявших признаки национальной принадлежности. Это обусловлено международным характером перевозок, где фрахтование судов определяется конкуренцией по размерам ставок, а также транснациональным характером владения и управления МТФ. Способствует этому и сосредоточение заказов от судовладельцев / судоходных компаний всего мира на новых судах стандартных типов, строящихся в Китае, Южной Корее и Японии. В этих трех странах сейчас строится до 90 % (по тоннажу) судов. Неоспоримые преимущества по срокам и стоимости постройки достигаются прежде всего благодаря высокому уровню технологии и организации производства (в Китае дополнительно – за счет относительно низкой заработной платы, а в Южной Корее и Японии – за счет исключительного качества продукции. Это же находит выражение и в использовании странами (в т.ч. Россией) «удобного» флага.
3. Транспортные суда становятся все более совершенными, экономичными, экологичными, комфортными для членов экипажа, безопасными в эксплуатации. Наибольшее внимание сосредоточено на адаптации судов к снижению потребления топлива и выбросов парниковых газов. Из-за эффекта масштаба их стремятся делать все более крупными по размерам и, соответственно, более рентабельными в эксплуатации, хотя для ряда линий это сдерживается навигационными возможностями принимающих портов. Специализированные суда предпочтительны, но лишь на устоявшихся линиях, что характерно для

- нефте- и LNG-танкеров, рудо- и контейнеровозов. Серьезных успехов в увеличении скорости хода этих судов не наблюдается (все эволюционные способы уже опробованы и исчерпаны), остается лишь увеличение эксплуатационных расходов. Эксплуатационная скорость большинства крупных транспортных судов по-прежнему близка к диапазону 12...15 уз. Особо отметим контейнеровозы, перевозящие дорогой контейнеризованный груз. Их обычная эксплуатационная скорость, с учетом оптимального использования провозной способности, лежит в диапазоне 20...25 уз. Чтобы снизить затраты на топливо, многие перевозчики используют «медленное плавание» (Slow Steaming) – 18...20 уз и даже «супермедленное плавание» (Super-slow Steaming) – 15...18 уз.
- Страны Юго-Восточной Азии и Дальнего Востока (прежде всего Китай) стали сосредоточением предприятий обрабатывающих отраслей промышленности. В качестве примера: в Китае в 2019 г. произведено 54 % мирового объема цемента, 53 % стали, 28,7 % мировой промышленной продукции. Это требует огромного количества сырья и, одновременно, обеспечения вывоза готовой продукции, что привело к перераспределению традиционных грузовых линий в направлении этого региона, а также к взрывному росту обслуживающих транспортных суда гигантских морских портов.
 - Увеличивающиеся объемы грузоперевозок по всему миру потребовали создания новых и модернизации существующих морских портов, способных не только принимать по навигационным условиям все более крупные суда, но и оперативно их обрабатывать, сокращая время грузообработки, и других операций по обслуживанию. Это вызвало также необходимость внедрения нового дорогостоящего грузового оборудования с высоким уровнем производительности, автоматизации и цифровизации, что кардинально уменьшило стояночное время судов в порту (даже гигантские контейнеро- или рудовозы задерживаются не более чем на 1 сут., что приносит значительный рост доходов и судовладельцам, и владельцам грузов, и самим портам (правда, для рудовозов разгрузка вдвое продолжительнее погрузки).
 - Нельзя переоценить значимость портофлота как важного звена обеспечения бесперебойного обслуживания заходящих судов, т.к. это заметная часть расходов по их пребыванию в порту и ос-
нова формирования комплексного показателя эффективности «время – деньги». Время выполнения операций судами портофлота имеет другую цену, много более высокую, чем при выполнении подобными судами тех же функций за пределами порта. Такой факт делает необходимым формировать состав портофлота с опорой на использование аппарата дисциплин оптимизационного проектирования (и внешнего, и внутреннего), теории массового обслуживания, имитационного моделирования, теории игр и т.п.
 - Проблема соответствия введенным по линии ИМО ограничениям вредных выбросов выхлопных газов станет самой затратной и трудноразрешимой за последние десятилетия. Ее преодоление может стать роковым при продолжении эксплуатации старых судов, а для многих судовладельцев – разорительным, поскольку и постройка новых судов, отвечающих введенным требованиям, и переоснащение существующих выглядят угрожающе затратными. В большей мере, чем от применения СПГ и скрубберов (как нормативно и технически готовых к реализации), достижение т.н. нулевого выброса в профессиональной среде ожидается от внедрения в качестве топлива метанола, аммиака, водорода. Но этому препятствует потребность в значительных инвестициях, а сроки решения всех связанных с этим технических проблем – неблизкое будущее [36, 37].
 - Говоря о роли науки (в статье не обсуждалась), следует отметить исключительное значение компьютеризации и цифровизации всех этапов создания и функционирования МТФ. Это позволило значительно усовершенствовать современные суда рассматриваемых типов, что и стало основой их стандартности. В то же время упомянутые технологии имеют эволюционный характер, за исключением редких прорывов вроде контейнеризации перевозок штучных грузов. Ряд заметных успехов по внедрению уникальных технологий и идей (например, французские мембранные танки у CNG-танкеров, X-Vow носовой оконечности мореходных судов норвежской фирмы Ulstein, которые, будучи запатентованными, приносят авторам гигантские дивиденды) также показательны, хоть и в меньшей степени. Революционных же решений, как когда-то создание теплового двигателя Рудольфом Дизелем, пока нет, и уже многие десятилетия тот же тепловой КПД

судовых двигателей немногим превышает 40%, а это один из главных стопоров в столь желанном росте скорости хода судов. Кардинальное изменение уже отработанной судовой поверхности малоожидаемо, т.к. вся судостроительная и судоходная отрасли приспособлены под существующий облик и АКТ судов. Только военные специалисты, не стесненные рамками прибыли, рожают и внедряют уникальные новинки.

И все же «доводка» свойств и характеристик судна возможностями науки и техники (в т.ч. существующих опытовых бассейнов) и внедрение в судостроение новейших достижений смежных отраслей всегда будут оставаться масштабно прибыльными, учитывая конкурентный характер эксплуатации судов и масштабы возможностей внедрений любого прорывного решения в мировой судоходный бизнес.

Список использованной литературы

1. Определение состава судов вспомогательного флота для портов на примере буксиров / *А.А. Алешина, Е.Е. Алешина, Е.В. Бирзе, А.Ю. Майоров* // Сборник научных трудов ЦНИИМФ. 2018. С. 145–158.
2. *Бабурин О.Н., Кондратьев С.И.* Морские порты мира и России: динамика грузооборота и перспективы развития // Транспортное дело России. 2016. № 6. С. 141–145.
3. Буксирные суда: проектирование и конструкция / *Б.В. Богданов, А.В. Слущкий, М.Г. Шмаков* [и др.]. Ленинград : Судостроение, 1974. 280 с.
4. *Власьев М.В.* Определение буксирного обеспечения порта : учеб. пособие. Санкт-Петербург : СПбГМТУ, 2022. 116 с.
5. Морские порты и их типы // Байгео.ру : [сайт]. URL: http://www.bygeo.ru/materialy/chetvertyi_kurs/geografiya-mirovogo-okeana-chtenie/2135-morskie-porty-i-ih-tipy.html (дата обращения: 27.05.2023).
6. *Кондратенко А.А., Таровик О.В.* Сравнительный анализ существующих методов определения функционального и количественного состава флота судов обеспечения // Труды Крыловского государственного научного центра. 2016. № 94(378). С. 201–214.
7. Организация и планирование работы морского флота / *П.П. Дубинский, А.А. Союзов, О.Т. Кандрашихин, В.С. Петухов*; под общ. ред. *А.А. Союзова*. Москва : Транспорт, 1979. 416 с.
8. Метаморфоза буксирного флота : Заочный круглый стол журнала «ПортНьюс» о качественных изменениях буксирного флота и его функциональных возможностей // ПортНьюс. 2020. № 4 (36). С. 64–71.
9. *Нгуен Зуи Бак.* Обоснование проектных характеристик портовых буксиров для Социалистической Республики Вьетнам : дис. ... канд. техн. наук : 05.08.03 / Нгуен Зуи Бак; [Место защиты: Нижегород. гос. техн. ун-т]. Калининград, 2010. 313 с.
10. Общая характеристика и условия обработки грузов в иностранном порту Гамбург // Экономические изменения = Economic Change : [сайт]. URL: <http://www.economicchange.ru/echas-664-1.html> (дата обращения: 27.05.2023).
11. *Орлова В.Г.* Стратегия развития производственной подсистемы российских портово-промышленных комплексов: методы разработки и обоснования : дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / [Место защиты: Центр. экон.-математ. ин-т]. Ростов-на-Дону, 2019. 310 с.
12. Flotte Hamburg // Port of Hamburg : [site]. Hamburg, 2023. URL: <https://www.hafen-hamburg.de/en/special/flotte-hamburg> (Accessed: 27.05.2023).
13. АО «Восточный Порт» : [сайт]. Находка, 2023. URL: <https://www.vostport.ru/obshchaya-informatsiya/o-kompanii> (дата обращения: 27.05.2023).
14. Port of Hamburg // Wikipedia: [site]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Hamburg (Accessed: 27.05.2023).
15. РД 31.20.01-97. Правила технической эксплуатации морских судов. Основное руководство. Москва, 1997. 64 с.
16. Порт Роттердам // Ship-Technology: [сайт]. URL: <https://www.ship-technology.com/projects/port-of-rotterdam-expansion/?cf-view> (дата обращения: 27.05.2023).
17. Описание технических характеристик порта Роттердама // Shipnext: [сайт]. URL: <https://shipnext.com/port/582473d8c9c19c0be8d8cb92> (дата обращения: 27.05.2023).
18. *Сидоренко В.Ф.* Морские буксиры и их операции. Ленинград : Судостроение, 1986. 239 с.
19. Опубликована Стратегия развития судостроения до 2035 года // Морские вести России : [сайт]. 2019. 31 окт. URL: <http://www.morvesti.ru/news/1679/81242> (дата обращения: 27.05.2023).
20. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года // Росморпорт : [сайт]. Москва, 2013. URL: <https://www.rosmorport.ru/media/File/strategy.pdf> (дата обращения: 27.05.2023).
21. Имитационная модель работы флота как инструмент анализа эксплуатационных параметров судов и обоснования проектных решений / *О.В. Таровик, А.А. Бахарев, А.Г. Топаж* [и др.] // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2015. № 38–39. С. 46–52.

22. *Титов А.В., Иваишкович Д.Б.* Современные тенденции развития морских портов в мире и их влияние на портовую индустрию // Вестник АГТУ. Серия: Морские техника и технологии. 2016. № 1. С. 115–124.
23. Крупнейшие морские порты мира и России // Тюлягин. Об экономике, инвестициях, технологиях и будущем : [сайт]. URL: <https://tyulyagin.ru/ratings/krupnejshie-morskie-porty-mira-i-rossii.html> (дата обращения: 27.05.2023).
24. *Дрозда Ф.* Топ 10 самых больших портов в мире / Перевод *Р. Озерова* // Maritime-zone : [сайт]. URL: <https://maritime-zone.com/news/view/top-10-samyh-bolshih-portov-v-mire> (дата обращения: 27.05.2023).
25. Review of maritime transport 2022 : Navigating stormy waters. Geneva : United Nations, 2022. XXX, 174 p. URL: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2022> (Accessed: 27.05.2023).
26. Топ-49 самых крупных и загруженных контейнерных портов в 2023 году // MoverDB.com : [сайт]. URL: <https://moverdb.com/ru/top-49-container-ports/> (дата обращения: 15.11.2023).
27. Review of Maritime Transport 2021. Geneva : United Nations, 2021. XXIV, 147 p. URL: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2021> (Accessed: 27.05.2023).
28. *Рудов Т.А.* Кейпсайз – самый большой балкер. Обзор типа // YouTube : [сайт]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=n_DH5qB6S_A (дата обращения: 27.05.2023).
29. Самое крупное судно в истории мирового судоходства / Корабел.ру : 6 апреля 2021. URL: <https://dzen.ru/a/YGwhxC0xICV0r27y?referrerclid=228&> (дата обращения: 15.11.2023).
30. *Рудов Т.А.* Рудовоз VLOC, Valemax, Дедвейт 402285 тонн // YouTube : [сайт]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XFsBBRTWLjg> (дата обращения: 27.05.2023).
31. ТОП-10 крупнейших контейнеровозов в мире в 2023 году // Морской и воздушный флот : [сайт]. URL: <https://mvf.su/top-10-krupnejshih-kontejnerovozov-v-mire-v-2023-godu> (дата обращения: 27.05.2023).
32. *Чепок А.О.* Цена скорости для контейнеровозов // AlexeyЧепок : [блог]. URL: <https://alexeychepok.blogspot.com/2011/09/blog-post.html> (дата обращения: 27.05.2023).
33. *Райт Я.* 10 лучших компаний по международным контейнерным перевозкам // MoverDB.com : [сайт]. URL: <https://moverdb.com/ru/судоходные-компании> (дата обращения: 27.05.2023).
34. *Вильде Т.* Энергопереход в судоходстве уперся в технологии // Порт Ньюс. 2022. Май : Гражданское судостроение в России : Аналитический отчет. С. 39–42.
35. *Stopford M.* Maritime economics. London : Unwin Hyman, 1988. XIV, 412 p.
36. О перспективах применения метанола как судового топлива – доклад на IV Конференции «СПГ-флот, СПГ-бункеровка и другие альтернативы» : [о докладе Г. Егорова] // ИнфоЛайн : [сайт]. URL: https://www.advis.ru/php/view_news.php?id=D45F5734-A4F6-1944-8809-2231C5A17F61 (дата обращения: 27.05.2023).
37. Wartsila исследует аммиак в качестве судового топлива // Sudostroenie.info : [сайт]. 2020. 26 марта. URL: <https://sudostroenie.info/novosti/29764.html> (дата обращения: 27.05.2023).

References

1. Make-up of port vessels using harbor tugs as an example / *A.A. Aleshina, E.E. Aleshina, E.V. Birze, A.Yu. Maiorov* // TsNIIMF Collection of research papers, 2018. P. 145–158 (in Russian).
2. *Baburina O.N., Kondratiev S.I.* (F.F. Ushakov State Marine University). World sea ports And Russia: Cargo turnover dynamics and outlook for development // Transport business in Russia. 2016. No. 6. P. 141–145 (in Russian).
3. Tugboats: design and structure / *B.V. Bogdanov, A.V. Slutsky, M.G. Shmakov* [et al.] Leningrad : Sudostroenie, 1974. 280 p. (in Russian).
4. *Vlasiev M.V.* Definition of harbor tug fleet : Educational guideline. St. Petersburg : SMTU, 2022. 116 p. (in Russian).
5. Sea ports and their types // Baigeo.ru : [site] URL: http://www.bygeo.ru/materialy/chetvertyi_kurs/geografiya-mirovogo-okeana-chtenie/2135-morskie-porty-i-ih-tipy.html (Accessed: 27.05.2023) (in Russian).
6. *Kondratenko A.A., Tarovik O.V.* Comparative analysis of existing methods for defining functional and quantitative configuration of auxiliary fleet // Transactions of the Krylov Central Research Institute 2016. No. 94(378). P. 201–214 (in Russian).
7. Organization and planning of sea-going merchant fleet operation / *P.R. Dubinsky, A.A. Soyuzov, O.T. Kondrashikhin, V.S. Petukhov*; under editorship of *A.A. Soyuzov*. Moscow : Transport, 1979. P. 416 (in Russian).
8. Metamorphosis of tug fleet: Long-distance round table of PortNews media about qualitative changes of tug fleet and its functional capabilities // PortNews. 2020. No. 4(36). P. 64–71 (in Russian).
9. *Nguen Zui Bak.* Justification of port tug characteristics for Socialist Republic of Vietnam : Candidate of Technical Sciences Thesis : 05.08.03 / Nguen Zui Bak; Nizhny Novgorod State University. Kaliningrad, 2010. 313 p. (in Russian).

10. General characteristics and conditions of cargo handling in the foreign port of Hamburg // Economic changes : [site]. URL: <http://www.economicchange.ru/echas-664-1.html> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
11. Orlova V.G. Strategy for development of the production subsystem of Russian industrial port complexes: methods of development and justification: Doctor of Economics Thesis : 08.00.05 / Orlova V.G. ; Central Economic & Mathematical Institute. Rostov-on-Don, 2019. 310 p. (*in Russian*).
12. Flotte Hamburg // Port of Hamburg : [site]. Hamburg, 2023. URL: <https://www.hafen-hamburg.de/en/special/flotte-hamburg> (Accessed: 27.05.2023).
13. Vostochny Port : [site]. Nakhodka. 2023. URL: <https://www.vostport.ru/obshchaya-informatsiya/o-kompanii> (Accessed on 27.05.2023) (*in Russian*).
14. Port of Hamburg // Wikipedia: [site]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Hamburg (Accessed: 27.05.2023).
15. RD 31.20.01-97. Rules of technical operation of seagoing ships. Main guidelines. Moscow, 1997. 64 p. (*in Russian*).
16. Port Rotterdam // Ship-Technology : [site]. URL: <https://www.ship-technology.com/projects/port-of-rotterdam-expansion/?cf-view> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
17. Description of technical characteristics of Port Rotterdam // Shipnext : [site]. URL: <https://shipnext.com/port/582473d8c9c19c0be8d8cb92> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
18. Sidorenko V.F. Sea tugs and their operations. Leningrad : Sudostroenie, 1986. 239 p. (*in Russian*).
19. Strategy of shipbuilding development up to 2035 published // Morskie vesti Rossii : [site]. 2019. 31 Oct. URL: <http://www.morvesti.ru/news/1679/81242> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
20. Strategy of Russian sea port infrastructure development up to 2030 // Rosmorport : [site]. Moscow, 2013. URL: <https://www.rosmorport.ru/media/File/strategy.pdf> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
21. Simulation model of fleet as a tool for analysis of ship performance and justification of design solutions / O.V. Tarovik, A.A. Bakharev, A.G. Topazh [et al.] // Collection of scientific & technical papers of the Russian Maritime Register of Shipping, 2015. No. 38–39. P. 46–52 (*in Russian*).
22. Titov A.V., Ivashkovich D.B. Modern trends in development of sea ports and their impact on the port industry // Vestnik AGTU. Series: Marine facilities and technologies. 2016. No. 1. P. 115–124 (*in Russian*).
23. Major sea ports of the world and Russia // Tyulyagin. On economics, investments, technologies and future : [site] URL: <https://tyulyagin.ru/ratings/krupnejshiemorskije-porty-mira-i-rossii.html> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
24. Drozda F. Top 10 largest sea ports of the world / Translated by R. Ozerov // Maritime-zone : [site]. URL: <https://maritime-zone.com/news/view/top-10-samyh-bolshih-portov-v-mire> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
25. Review of maritime transport 2022 : Navigating stormy waters. Geneva : United Nations, 2022. XXX, 174 p. URL: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2022> (Accessed: 27.05.2023).
26. Top-49 of the largest and congested container ports in 2023 // MoverDB.com : [site]. URL: <https://moverdb.com/ru/top-49-container-ports> (Accessed: 15.11.2023) (*in Russian*).
27. Review of Maritime Transport 2021. Geneva : United Nations, 2021. XXIV, 147 p. URL: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2021> (Accessed: 27.05.2023).
28. Rudov T.A. Capesize – the largest bulker. Type review. YouTube : [site]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=n_DH5qB6S_A (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
29. The largest ship in the history of the world shipping / Korabel.ru. 6.04.2021. URL: https://dzen.ru/a/YGwhxC0xICV0r27y?referrer_clid=228& (Accessed: 15.11.2023) (*in Russian*).
30. Rudov T.A. Ore carrier VLOC, Valemax, deadweight 402285 tons// YouTube : [site]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XFsBBRTWLjg> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
31. Top 10 largest containerships of the world in 2023 // Marine and air fleet: [site]. URL: <https://mvf.su/top-10-krupnejshih-kontejnerovozov-v-mire-v-2023-godu> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
32. Chepok A.O. Price of speed for containerships // Alexey Chepok: [blog]. URL: <https://alexeychepok.blogspot.com/2011/09/blog-post.html> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
33. Right J. 10 best companies in international container shipping // MoverDB.com : [site]. URL: <https://moverdb.com/ru/shipping> (Accessed: 27.05.2023) (*in Russian*).
34. Vilde T. Energy transition in shipping get stuck in technologies // PortNews. 2022. May : Commercial shipbuilding in Russia: Analytical report. P. 39–42 (*in Russian*).
35. Stopford M. Maritime economics. London : Unwin Hyman, 1988. XIV, 412 p.
36. Outlook for methanol as a ship fuel – paper delivered at IV Conference “LNG fleet, LNG bunkering and

other alternatives”: [on the paper of G.Egorov] // InfoLine : [site]. URL: https://www.advis.ru/php/view_news.php?id=D45F5734-A4F6-1944-8809-2231C5A17F61 (Accessed: 27.05.2023) (in Russian).

37. Wartsila studies ammonia as a ship fuel// Sudostroenie.info : [site]. 2020. 26 March. URL: <https://sudostroenie.info/novosti/29764.html> (Accessed: 27.05.2023) (in Russian).

Сведения об авторах

Демешко Геннадий Федорович, д.т.н., профессор кафедры проектирования судов ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет». Адрес: 190008, Россия, Санкт-Петербург, Лоцманская ул., 3. Тел.: +7 (812) 714-28-74. E-mail: morcenter@mail.ru.

Власьев Максим Валерьевич, к.т.н., доцент кафедры проектирования судов, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет». Адрес: 190008, Россия, Санкт-Петербург, Лоцманская ул., 3. E-mail: valmax2006@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0001-8485-9549>.

About the authors

Gennady F. Demeshko, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of ship design, St. Petersburg State Marine Technical University. Address: 3, Lotsmanskaya st., St. Petersburg, Russia, post code: 190008. Tel.: +7 (812) 714-28-74. E-mail: morcenter@mail.ru.

Maxim V. Vlasiev, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of ship design, St. Petersburg State Marine Technical University. Address: 3, Lotsmanskaya st., St. Petersburg, Russia, post code: 190008, Russia. E-mail: valmax2006@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0001-8485-9549>.

Поступила / Received: 27.06.23
Принята в печать / Accepted: 29.11.23
© Демешко Г.Ф., Власьев М.В., 2023