

УДК 629.12 + 62-61
EDN YYPHHE

АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА РОССИЙСКИХ МОРСКИХ СУДАХ (2019 — 2024)

В.К. Шурпьяк, канд. техн. наук, Российский морской регистр судоходства, 191181 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: shurpyak.vk@rs-class.org

А.Е. Чугаева, стажер, Российский морской регистр судоходства, 191181 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: chugaeva.ae@rs-class.org

А.О. Березин, д-р экон. наук, Российский морской регистр судоходства, 191181 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: berezin.ao@rs-class.org

В статье проведен анализ потребления различных видов судового топлива на российских судах за период с 2019 по 2024 г. по данным российских судовладельцев, представляемым в ИМО. Полученные данные сравниваются с цифрами из отчетов ИМО о потреблении на судах мирового флота. Приведены данные по использованию альтернативного топлива на морских судах валовой вместимостью 5000 и более. Сравниваются эксплуатационные показатели энергоэффективности СП (рейтинг эксплуатационной углеродоемкости) российских судов и судов мирового флота. Сделаны выводы о незначительном росте потребления СПГ, для повышения которого необходимо развитие бункеровочной инфраструктуры в портах. Целью настоящей статьи является сравнение показателей энергоэффективности российских судов и судов мирового флота.

Ключевые слова: выбросы парниковых газов, альтернативные виды топлива, энергоэффективность, показатель энергоэффективности, углеродная интенсивность.

Для цитирования: Шурпьяк В.К. Анализ потребления топлива и энергоэффективности на российских морских судах (2019 — 2024) / В.К. Шурпьяк, А.Е. Чугаева, А.О. Березин // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 79. — С. 148 — 163. — EDN YYPHHE.

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY AND FUEL CONSUMPTION ON RUSSIAN SEA-GOING SHIPS (2019 — 2024)

V.K. Shurpyak, PhD, Russian Maritime Register of Shipping, 191186 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: shurpyak.vk@rs-class.org

A.E. Chugaeva, intern, Russian Maritime Register of Shipping, 191186 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: chugaeva.ae@rs-class.org

A.O. Berezin, DSc, Russian Maritime Register of Shipping, 191186 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: berezin.ao@rs-class.org

The article analyzes the consumption of various types of marine fuel on Russian ships in 2019 — 2024 according to data from Russian shipowners submitted to IMO. The data obtained are compared with figures on the consumption of various types of fuel taken from IMO reports on the consumption of the global fleet. Data on the use of alternative fuels on marine vessels with a gross tonnage of 5,000 and more are presented. The comparison of the operational energy efficiency index CII (Carbon Intensity Indicator) of Russian ships and ships of the world fleet is carried out. Conclusions are drawn about a minor increase in LNG consumption, for which further growth requires the development of bunkering infrastructure in ports. The purpose of this article is to compare the energy efficiency indicators of Russian vessels with the energy efficiency indicators of the global fleet.

Keywords: greenhouse gas emissions, alternative fuels, energy efficiency, energy efficiency index, carbon intensity.

For citation: Shurpyak V.K., Chugaeva A.E., Berezin A.O. Analysis of energy efficiency and fuel consumption on Russian sea-going ships (2019 — 2024). *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 79. P. 148 — 163. EDN YYPHHE.

ВВЕДЕНИЕ

По данным четвертого исследования ИМО по выбросам парниковых газов [1] доля международного судоходства от совокупных общемировых выбросов парниковых газов (далее ПГ) увеличилась с 2,2 % в 2012 г. до 2,89 % в 2018 г. (рост на 31 %). И это несмотря на то, что в среднем по сектору международного судоходства интенсивность выбросов за рейс улучшилась к 2018 г. по сравнению с 2008 г. на 21 — 29 % в зависимости от типа судна. Причина увеличения доли выбросов от международного судоходства лежит в уменьшении выбросов в береговом секторе в связи с принимаемыми государствами мерами по сокращению выбросов в промышленности и стационарной энергетике.

Данные ИМО о выбросах парниковых газов ПГ в отрасли за 2019 — 2023 гг., приведенные далее, говорят о крайне незначительном совокупном уменьшении выбросов CO_2 с судов. При этом, по данным ООН [2] за период 2000 — 2023 гг., наблюдается ежегодный рост морских перевозок грузов в среднем около 3 % в год к предыдущему году (диаграмма на рис. 1), что говорит об увеличении грузооборота морских перевозок за эти годы в два раза.



Рис. 1. Рост объема морских перевозок в тоннах и тонно-милиях за период 2000 — 2024 гг. (изменение в % к предыдущему году) [2]

Таким образом, меры по энергоэффективности морских перевозок, принимаемые ИМО, не позволяют выдержать темп уменьшения выбросов от стационарной энергетики. Это происходит потому, что задачи, решаемые для повышения энергоэффективности, в судоходстве гораздо сложнее, чем в промышленности и стационарной энергетике. Например, перевод электростанции с угля на газ уменьшает выбросы CO_2 в два раза, в то время как перевод судна с мазута на СПГ приводит к уменьшению выбросов на 30 %. «Догнать» стационарную энергетику в судоходстве возможно за счет уменьшения потребления топлива путем экономии и более рационального использования или с помощью технологий получения энергии с нулевыми или околонулевыми выбросами CO_2 . Последние, к сожалению, не находят сколько-нибудь существенного применения на судах, и их широкое использование не просматривается в обозримом будущем. Остается экономия топлива, в первую очередь за счет уменьшения эксплуатационной скорости судов, а также своевременного проведения техобслуживания и докования.

Как известно, любая экономия продукта, в данном случае топлива, всегда начинается с его учета и контроля его расходования. ИМО начало контролировать расход топлива на судах с 2019 г., и сейчас можно подвести некоторые итоги.

ДОКУМЕНТЫ ИМО, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ СБОР ДАННЫХ О РАСХОДЕ ТОПЛИВА НА СУДАХ

В целях снижения влияния парникового эффекта и опасности изменения климата в 1992 г. была принята Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН), в которой изложены общие принципы борьбы с изменением климата на планете. Конвенция вступила в силу 21 марта 1994 г. Позднее, в 1997 г., в рамках РКИК был подписан Киотский протокол, который стал первым глобальным соглашением об охране окружающей среды, основанным на рыночном механизме регулирования — механизме международной торговли квотами на выбросы парниковых газов.

В целях дальнейшей борьбы с изменением климата в 2015 г. было подписано Парижское соглашение по климату, которое обязало подписавшие его государства принять меры по сокращению антропогенного влияния на изменение климата, разработав национальные планы по снижению выбросов, которые должны пересматриваться каждые 5 лет. Основной целью этого документа провозглашено ограничение роста глобальной средней температуры до 1,5 °C, что значительно сократит риски и последствия изменения климата для человечества. Россия подписала Парижское соглашение 22 апреля 2016 г. и приняла его постановлением Правительства от 21 сентября 2019 г.

Исходя из температурных целей Парижского соглашения, страны-участники определили для себя сроки достижения углеродной нейтральности. Российская Федерация приняла Стратегию социально-экономического развития России до 2050 г. (Распоряжение от 29 октября 2021 г. № 3052-р), где определила сроком достижения углеродной нейтральности 2060 г. США, Великобритания, Канада, страны ЕС, Япония, Южная Корея и др. планируют достичь углеродной нейтральности к 2050 г. В планах Китая и Саудовской Аравии достижение полной углеродной нейтральности к 2060 г., Индия определила для себя целевым 2070 г.

Согласно Киотскому протоколу, судоходство рассматривается как рассредоточенный глобальный сектор мирового хозяйства, поэтому выбросы CO₂ от судоходства не включаются в национальную статистику. Организацией, ответственной за ограничение, контроль и регулирование выбросов от международного судоходства, определена ИМО, регулятивным нормативным документом по выбросам CO₂ с судов ИМО определила Приложение VI МК МАРПОЛ.

Один из основополагающих принципов работы ИМО заключается в отсутствии дискриминационных ограничений вне зависимости от национальной принадлежности и флага регистрации судна. Международная торговля подразумевает участие двух и более стран, поэтому, исходя из принципа отсутствия дискриминации, все суда, осуществляющие международные перевозки, должны соответствовать одним и тем же согласованным на многосторонней основе требованиям. Для сокращения выбросов парниковых газов Приложение VI МК МАРПОЛ следует рассматривать как универсальную нормативно-правовую базу, регулиющую, кроме прочего, процесс декарбонизации в отношении всех судов независимо от их флага регистрации, страны базирования судовладельца и района эксплуатации.

Согласно Резолюции МЕРС.278(70) [3], принятой на 70-й сессии Комитета по защите морской среды ИМО (далее — КЗМС), были введены поправки к Приложению VI МАРПОЛ, которые требуют от судовладельцев начиная с 2019 календарного года для каждого судна валовой вместимостью 5000 и более сообщать в администрации флага данные о потреблении топлива наряду с дополнительными данными о параметрах эксплуатации судов (пройденном расстоянии, времени в пути, виде топлива и методе замера). Позднее, на КЗМС-76, принятые ранее поправки были оформлены в виде Правила 27 «Сбор и представление данных по расходу топлива судами» Приложения VI к МК МАРПОЛ [4], которое действует в настоящее время.

Для сбора данных о годовом расходе судового топлива на судах допускается использовать три метода замера: по накладным на поставку бункерного топлива (НБТ), на основе использования расходомеров и путем измерения количества топлива в танках. При этом данные о расходе судового топлива должны включать все судовое топливо, потребляемое на борту, включая топливо, используемое главными и вспомогательными двигателями, котлами и генераторами инертного газа, с разбивкой по видам применяемого топлива, независимо от того, находится ли судно в плавании или нет.

По мнению авторов, полученная информация о потреблении топлива на морских судах за прошедшие шесть лет представляет интерес для определения тенденций развития отрасли. Поэтому было решено провести анализ полученных от российских судовладельцев данных и сравнить их с данными по мировому флоту, обобщенными ИМО. Секретариат ИМО ежегодно представляет собственный анализ потребления топлива судами, участвующими в международных перевозках. Последний такой документ [4] доступен за 2023 г.

В отчетах о потреблении топлива за 2023 и 2024 гг., помимо данных о расходе топлива, должна также присутствовать информация об эксплуатационном показателе энергоэффективности судов СП.

Сравнение результатов обобщенных показателей энергоэффективности отрасли российского судоходства за 2023 и 2024 гг. с общемировыми данными ИМО за 2023 г. и анализ влияния различных факторов на энергоэффективность можно определить как цель настоящей работы.

АНАЛИЗ ДАННЫХ О ПОТРЕБЛЕНИИ ТОПЛИВА НА МОРСКИХ СУДАХ

1. Выброс CO_2 в атмосферу с судов мирового флота по данным ИМО.

Общемировые тенденции по изменению потребляемого топлива можно проследить по информации, приведенной секретариатом ИМО в документе МЕРС 82/6/38 [5], где собраны и просуммированы данные отчетов морских администраций (МА) за 2023 г. о потреблении топлива на судах валовой вместимостью $\text{GT} \geq 5000$, подпадающих под действие Правила 27 Приложения VI МК МАРПОЛ, представленных в 2024 г. Всего в мире таких судов 35 143 под флагами 135 МА, в ИМО поступили данные о 28 620 судах, что составило 81,4 % от количества судов и 90,5 % от суммарного тоннажа (1301 млн GT из 1438 млн GT мирового флота судов с $\text{GT} \geq 5000$).

На рис. 2 показана диаграмма потребления отраслью различных видов топлива за последние годы, данные взяты из [5]. Данные ИМО по расходу топлива были пересчитаны в выбросы CO_2 с использованием переводных коэффициентов C_f из Руководства 2018 года по методу вычисления фактического конструктивного коэффициента энергоэффективности (ККЭЭ) для новых судов (МЕРС.308(73) [6]), изменение которых показано на рис. 3.

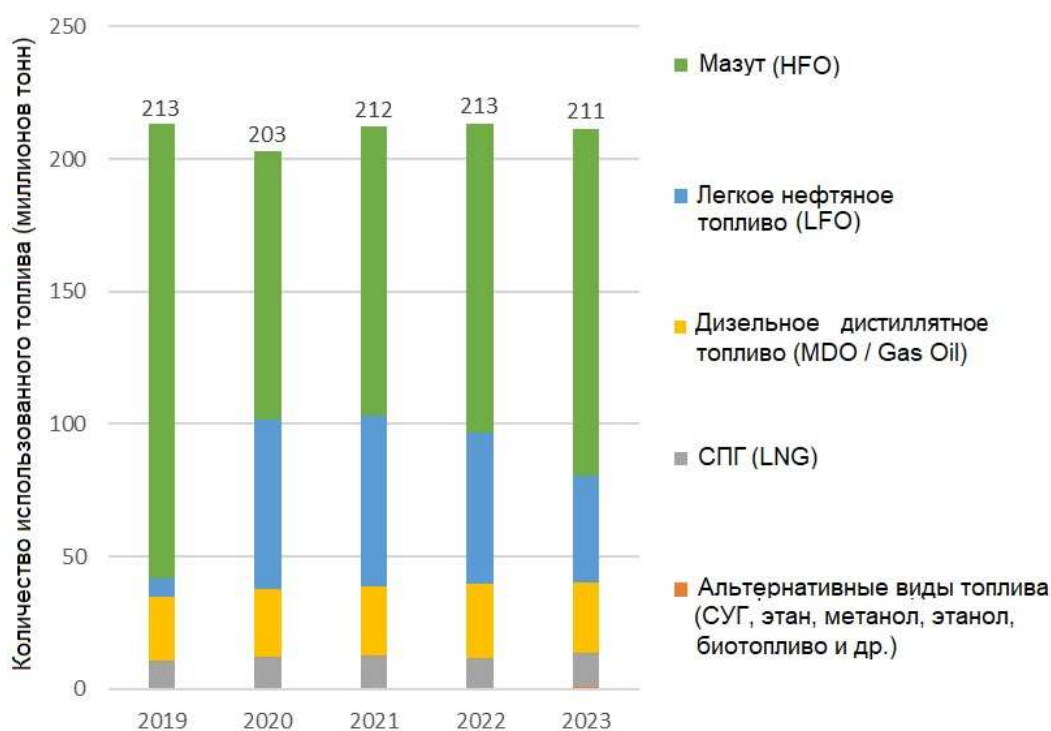


Рис. 2. Совокупное потребление морскими судами GT 5000 и более различных видов топлива по данным ИМО [2]

Данные о выбросах парниковых газов (далее — ПГ) в отрасли за 2019 — 2023 гг. говорят о крайне незначительном уменьшении выбросов CO_2 от международного судоходства — менее 1 % за шесть лет. Некоторое уменьшение выбросов на 5 % в 2020 г. объясняется уменьшением перевозок в связи с эпидемией ковида. Такие незначительные изменения стоит рассматривать как колебания в связи с изменением конъюнктуры в мировом судоходстве; от структуры потребления топлива, которая более чем на 90 % состоит из нефтяных видов топлива, суммарный объем выбросов не зависит.

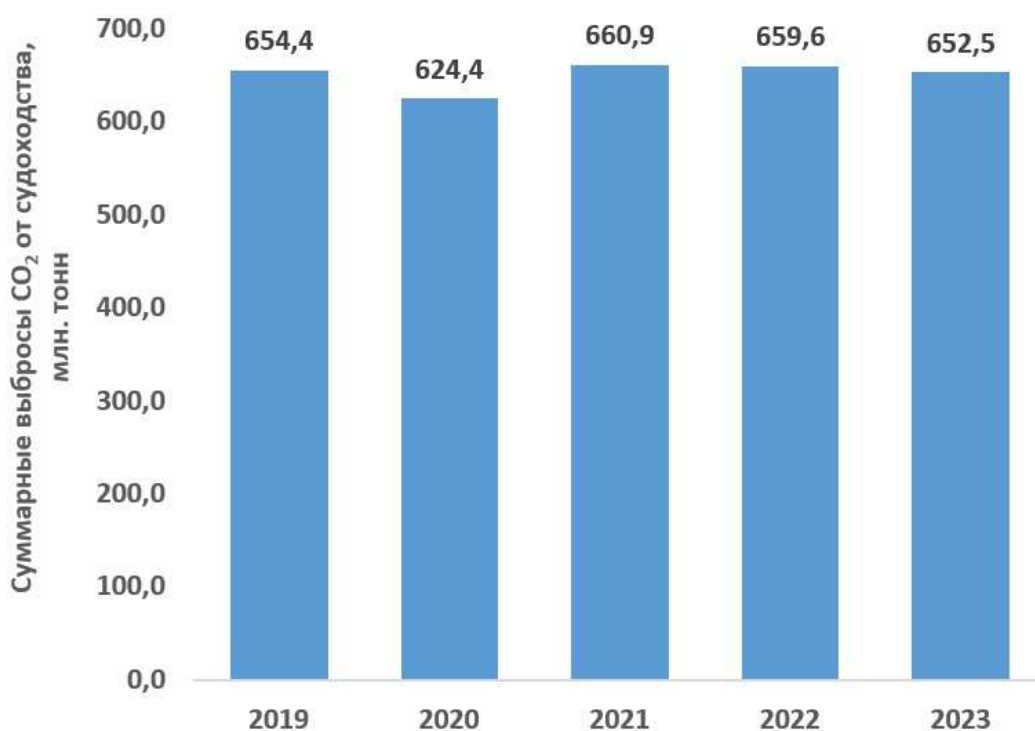


Рис. 3. Совокупные выбросы CO₂ морскими судами GT 5000 и более, рассчитанные по данным ИМО с учетом различных видов топлива

За рассмотренный период произошло только одно серьезное резкое изменение в структуре потребления топлива — после введения с 01.01.2020 ограничений на содержание серы в топливе: допустимое содержание серы в топливе не более 0,5 %, в особых зонах с 2015 г. — не более 0,1 %. Для решения образовавшихся проблем судовладельцы в основном выбрали наименее затратный путь — перешли на потребление топлива с низким содержанием серы. Другим, не менее популярным решением для очистки выхлопных газов от оксидов серы стало использование скруббера для очистки выхлопных газов от SO_x. Это отчетливо прослеживается в данных ИМО о потреблении топлива на рис. 2: в 2020 г. произошло резкое уменьшение потребления тяжелого топлива — по сравнению с 2019 г. оно уменьшилось в 1,6 раза, примерно на 70 млн т. Если в 2019 г. доля тяжелого топлива от общего количества традиционного топлива нефтяного происхождения составляла примерно 80 %, то в 2020 г. эта цифра уменьшилась до 50 %. При этом потребление дистиллятных сортов топлива изменилось незначительно, большая часть мазута была замещена легкими сортами топлива. Начиная с 2021 г. просматривается обратный процесс: доля мазута постоянно увеличивается за счет установки на судах систем очистки выхлопных газов от SO_x; в 2021 г. доля мазута — 51 %, в 2022 г. — 55 %, в 2023 г. доля мазута составила уже 65 %.

Согласно представленным данным ИМО, традиционное топливо нефтяного происхождения (кроме пропана и бутана) в общем потреблении топлива на судах составляет около 94 % (чуть менее 93,52 % в 2023 г., 94,65 % в 2022 г., 93,95 % в 2021 г.).

Потребление СПГ в 2023 г. составило чуть менее 6,5 %, увеличившись на 0,43 % по сравнению с данными 2021 г. Из общего количества СПГ, использованного как топливо, 89,5 % пришлось на газовозы, где этот вид топлива используется традиционно многие десятилетия.

Потребление СПГ как топлива находит более широкое применение на судах, не являющихся газовозами СПГ, то есть использующих его как альтернативное топливо в соответствии в Кодексом IGF. На рис. 5 показано распределение таких судов в % от их потребления СПГ (по массе).

В табл. 1 для сравнения приведены данные распределения в % для различных типов судов, использующих СПГ как топливо, за 2021 г., которые ранее проводились в работе [7]. Из таблицы следует, что потребление СПГ за три года более всего возросло на судах-контейнеровозах.

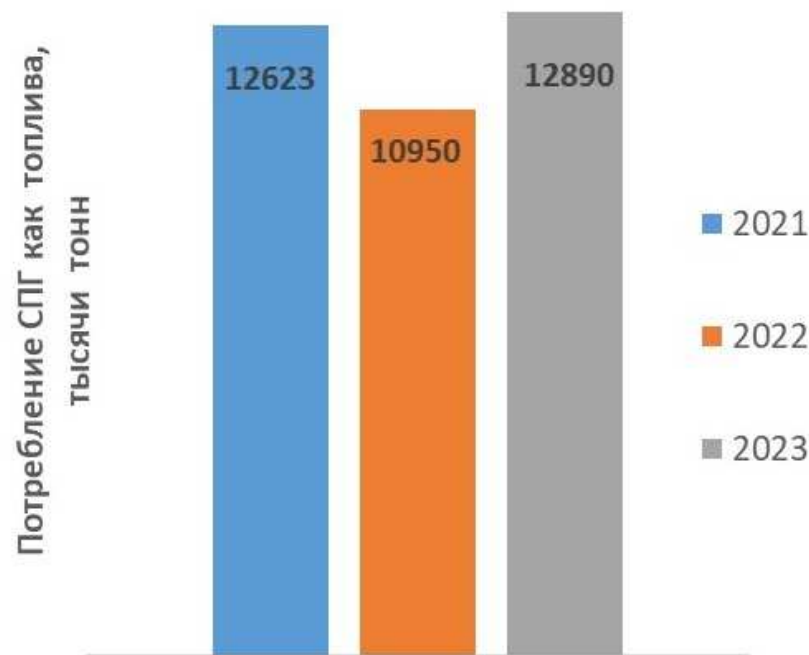


Рис. 4. Изменение количества СПГ, потребляемого судоходной отраслью в качестве топлива, тыс. т



Рис. 5. Потребление СПГ на морских судах, не являющихся газовозами СПГ, по данным ИМО за 2023 г. [5]

Таблица 1
Распределение (в %) потребления СПГ как топлива на судах GT>5000 (кроме газовозов СПГ) по данным ИМО за 2021 г. [7] и 2023 г. [5]

Типы судов	2021	2023
Балкеры	7	4,9
Контейнеровозы	31	34,5
Круизные пассажирские суда	11	11,7
Пассажирские суда	1	6,9
Газовозы	0	5,7
Суда для генгруза	1	1,4
Рефрижераторы	0	2,8
РО-РО грузовые	4	4,8
РО-РО пассажирские	18	9,6
Танкеры	19	15,3
Прочие	8	2,6

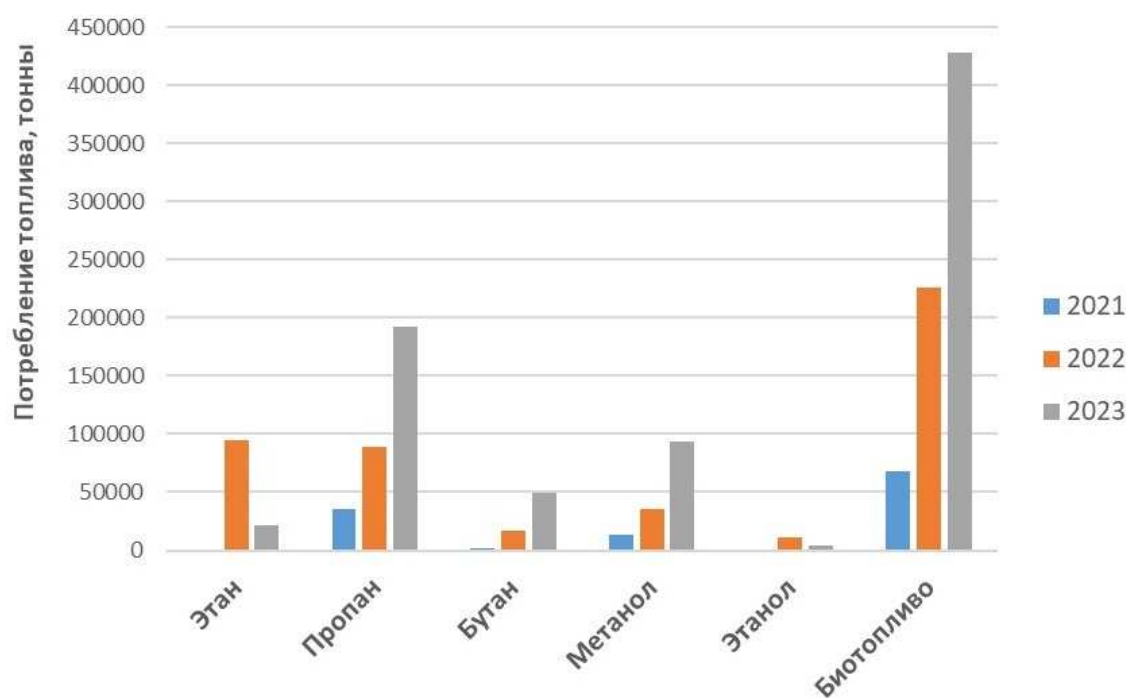


Рис. 6. Изменение количества различных видов альтернативного топлива, потребляемого судоходной отраслью в качестве топлива, т

В судоходстве расходы на топливо в настоящее время составляют значительную часть общих эксплуатационных расходов. В зависимости от размера судна, его энергоэффективности и дальности перевозки расходы на топливо могут составлять до двух третей общих издержек по содержанию судна [8, 9]. Так как цена на альтернативные топлива по сравнению со стоимостью обычного остается высокой, переход на более чистые виды топлива приводит к дальнейшему увеличению издержек судовладельцев и дополнительным затратам на дооборудование судов. Несмотря на это виден определенный рост доли потребления альтернативных топлив на диаграмме (рис. 6), составленной по данным ИМО [5, 10, 11]. Наиболее заметный рост за три последних года показывает биотопливо, а потребление этанола и этана уменьшилось.

Хотя по росту потребления биотопливо опережает прочие виды альтернативных топлив, оно по-прежнему в разы меньше потребления СПГ на судах, не являющихся газовозами, в 2023 г. — приблизительно в три раза (1 359 226 т СПГ против 428 263 т биотоплива).

В сумме все виды альтернативных топлив, используемых на судах, составили по массе топлива чуть более одного процента без учета разницы в теплоте сгорания топлива. Помимо пропана, бутана, метанола, этанола и биотоплива к альтернативным видам топлива отнесен СПГ, используемый как топливо на судах, не являющихся газовозами. Таким образом, использование всех видов альтернативного топлива на судах в 2023 г. составило 1,05 %, что не может сколько-нибудь существенно влиять на общее количество выбросов от судоходства.

Большая часть потребления метанола пришлась на танкеры (93 %) и на суда для генеральных грузов (6,6 %).

2. Выброс CO_2 в атмосферу с судов российского флота.

Сбор данных о потреблении различных сортов судового топлива с последующим пересчетом в выбросы CO_2 ведется ФАУ «Российский морской регистр судоходства» по поручению Министерства транспорта РФ с 2019 г. для обеспечения выполнения требований МК МАРПОЛ для судов валовой вместимостью (GT) 5000 и более. Изменение числа представленных отчетов судов валовой вместимостью GT > 5000 по годам приведено в табл. 2.

Таблица 2

Количество представленных отчетов о потреблении топлива на российских судах

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Всего судов GT > 5000 в классе Регистра	471	501	518	476	514	477
Суда GT > 5000 под флагом РФ	350	375	410	427	467	435

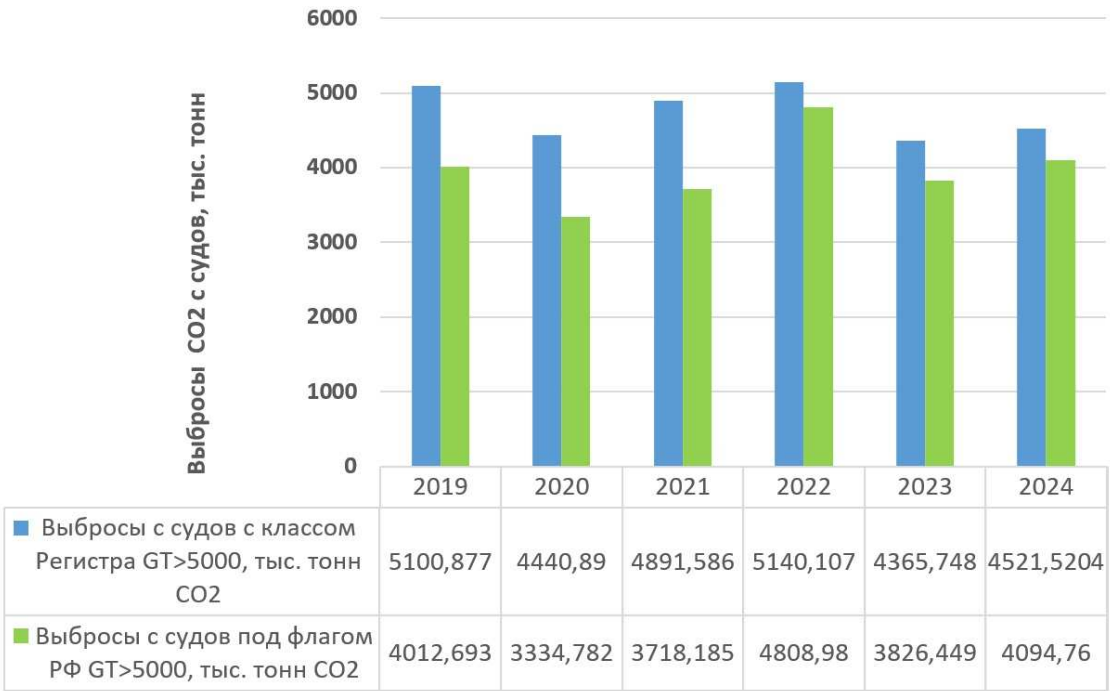


Рис. 7. Изменение общего объема выбросов CO₂ с морских судов валовой вместимостью (GT) более 5000

На рис. 7 показано изменение выбросов CO₂ за период 2019 — 2024 гг. по предварительным данным, полученным от судовладельцев на 20.03.2025. В таблице под диаграммой указаны общие объемы выбросов CO₂ по годам.

В настоящее время Правила Регистра позволяют использовать на судах в качестве топлива следующие виды альтернативных топлив: СПГ, СНГ (пропан-бутан), метанол и этанол. За последние шесть лет из этого перечня на судах под российским флагом нашел применение только СПГ. Сжигание СПГ и других альтернативных видов топлива приводит к более низким выбросам CO₂ (примерно на 20 %) по сравнению с традиционным топливом на основе нефти из-за более низкого отношения числа атомов углерода к числу атомов водорода, но подавляющее количество выбросов парниковых газов с судов по-прежнему производится за счет сжигания жидкого топлива нефтяного происхождения.

Выбросы за счет сжигания СПГ составляют около 2 % по массе CO₂, динамика изменения этого показателя приведена на рис. 8. Изменение количества СПГ, использованного на судах в качестве топлива, показано на рис. 9.



Рис. 8. Динамика изменения доли СПГ в выбросах CO₂ от сжигания топлива с судов в % от общего количества выбросов CO₂ с судов под флагом РФ

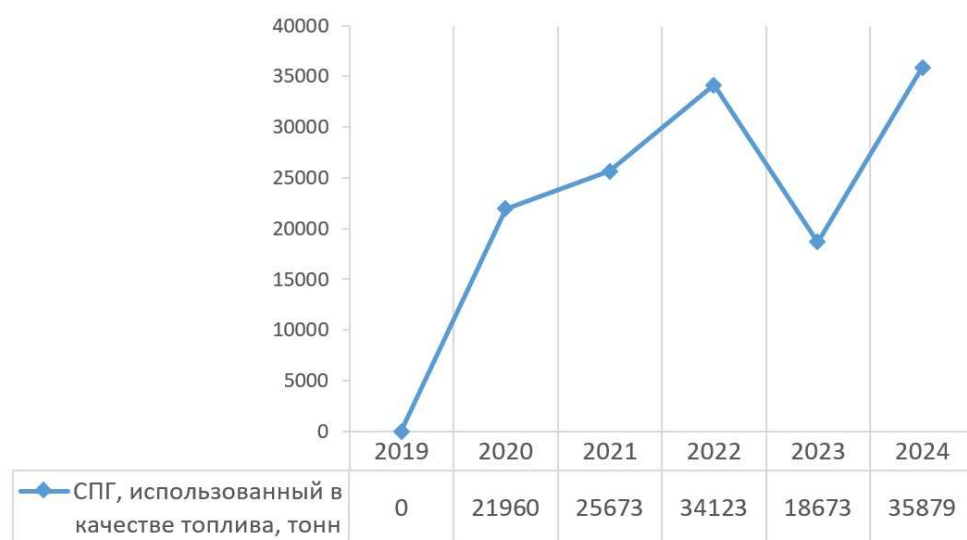


Рис. 9. Динамика изменения количества СПГ, т, использованного в качестве топлива на судах под флагом РФ

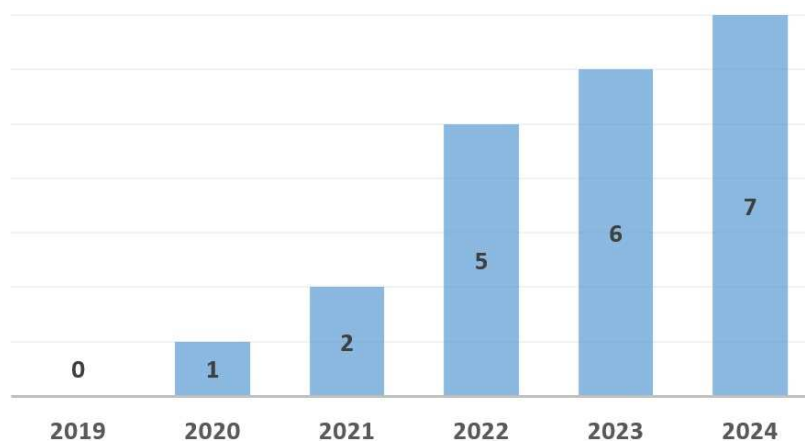


Рис. 10. Изменение общего числа судов под флагом РФ, оборудованных для использования СПГ в качестве топлива

Доля СПГ в потреблении топлива на российских судах, использующих СПГ в качестве топлива, сильно зависит от назначения судна и района плавания. Среди российских судов, использующих СПГ, по назначению присутствуют три типа судна: газовозы СПГ, накатные суда на линии Санкт-Петербург — Калининград и нефтеналивные танкеры. На судах-газовозах СПГ составляет в среднем более 90 % от потребленного топлива. На судах РО-РО, рассчитанных на использование СПГ, — около 70 %, а нефтеналивные танкеры используют не более 20 % СПГ. Объясняется это отсутствием возможности бункеровать СПГ в портах назначения. По информации, полученной от компании, управляющей танкерами, причина малой доли использования СПГ заключается в изменении запланированного района плавания. Вместо рейсов в европейские порты, где возможно произвести бункеровку СПГ, судам приходится поставлять нефтепродукты в более отдаленные районы. Следует также отметить, что доля СПГ увеличивается по мере увеличения срока эксплуатации судна после ввода его в строй.

В отчете секретариата ИМО о расходе топлива за 2023 г. (документ МЕРС 82/6/38) указано, что по результатам эксплуатации в 2023 г. 5,4 % судов, представивших отчет, (1541 из 28 620), относятся к рейтингу E, а рейтинг D присвоен 13,7 % судов. С учетом ежегодного ужесточения норм по требуемому СП задача повышения энергоэффективности приобретает практическое значение для многих тысяч судов.

3. Анализ изменения показателя энергоэффективности СП и влияния различных факторов.

КЗМС-76 принял поправки к Приложению VI МАРПОЛ (MEPC.328(76)) [4], которые требуют, чтобы все суда рассчитывали свой эксплуатационный показатель энергоэффективности СП с определением рейтинга и включали его в ежегодный отчет о расходе топлива. Углеродоемкость связывает выбросы парниковых газов с количеством перевозимого груза и пройденным расстоянием. Но для упрощения расчетов в показателе СП вместо реально перевезенного груза используется дедвейт, то есть условно считается, что суда эксплуатируются с полной загрузкой. Судам присваивается рейтинг энергоэффективности А, В, С, D, E, где А является высшей оценкой. Суда, имеющие рейтинг E или в течение трех лет подряд рейтинг D, должны представить план корректирующих действий, показывающий, каким способом судно при эксплуатации в следующем календарном году достигнет требуемого показателя (рейтинга С или выше). Поправки к Приложению VI к Конвенции MARPOL (принятые в виде сводного пересмотренного Приложения VI) вступили в силу 1 ноября 2022 г., а требования к контролю и отчетности по СП — с 1 января 2023 г. со сроком представления в первом квартале следующего после отчетного года. Таким образом, в настоящее время доступны сведения об энергоэффективности российских судов за 2023 и 2024 гг. ИМО пока опубликовало обобщенный отчет только за 2023 г.

Распределение в процентах российских судов по рейтингам СП за 2023 и 2024 гг. показано на диаграмме рис. 11 оранжевым и серым цветом соответственно. Желтым на диаграмме для сравнения показано распределение судов ИМО за 2023 г. Из диаграммы следует, что в 2023 г. 77,8 % судов мирового флота имели удовлетворительные рейтинги (А, В или С), тогда как для российских судов эта цифра составила 69,6 %. В 2024 г. последняя цифра практически не изменилась, увеличившись до 70,7 %. Но число судов с высшими рейтингами А и В существенно уменьшилось в пользу рейтинга С. На рис. 12 показано изменение доли российских судов для каждого из рейтингов за 2024 г.

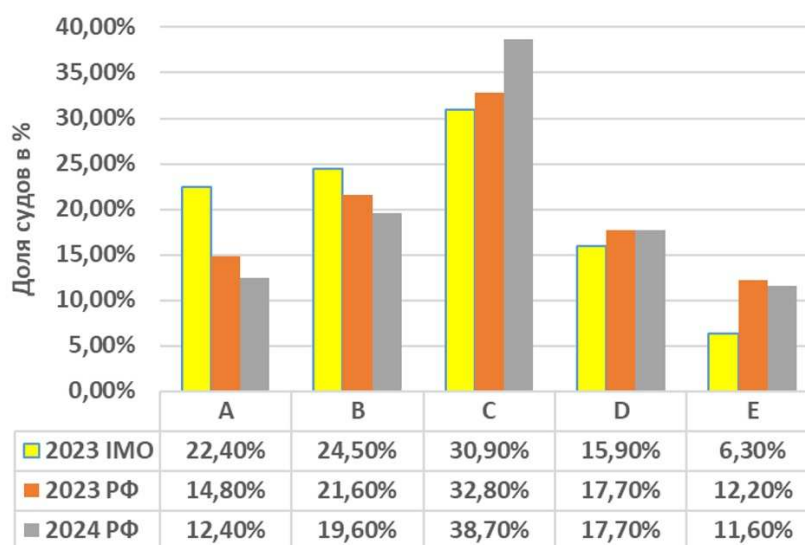


Рис. 11. Распределение в % российских судов по рейтингам СП в 2023 и 2024 гг. и распределение судов ИМО за 2023 г.

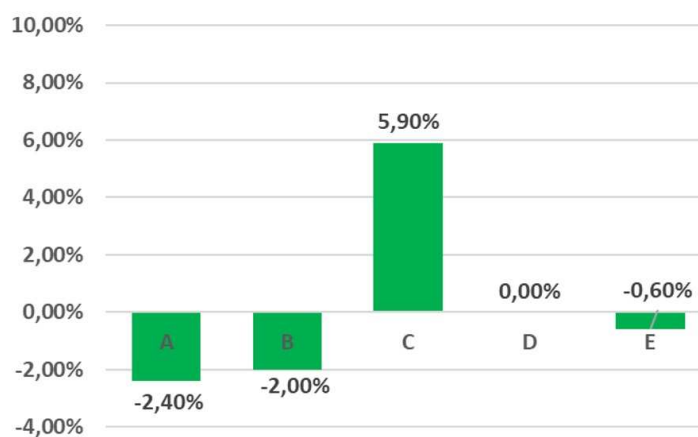


Рис. 12. Изменение рейтингов СП российских судов в 2024 г. по сравнению с 2023 г.

Рассматривая параметры, которые влияют на энергоэффективность судна вообще и на критерий СП в частности, авторы предположили, что из доступных данных, которые сообщаются судовладельцами и на которые можно повлиять в ходе эксплуатации судна, наиболее важными являются два: средняя скорость эксплуатации судна и коэффициент ходового времени. Кроме этого, можно предположить, что существенное влияние оказывают ледовый класс судна и способ замера расхода топлива. Подробный разбор влияния на показатели энергоэффективности различных конструктивных параметров судна, двигателя, топлива и эксплуатационных параметров выходит за рамки настоящей статьи, но здесь, опираясь на полученные данные, можно проверить, заметно ли вообще влияние этих факторов.

Для проверки этих предположений проанализируем, как изменяется средняя скорость и коэффициент ходового времени судов с различными рейтингами СП.

Под средней скоростью судна за год $V_{\text{ср}}$ будем понимать дистанцию S , которую прошло судно за год, разделенную на время в пути в течение года T , которые сообщаются судовладельцем ежегодно вместе с данными по расходу топлива согласно Резолюции МЕРС.278(70) [3]. Под коэффициентом ходового времени K подразумеваем время в пути в течение года T , разделенное на количество часов в году.

На рис. 13 — 15 показано изменение средних значений средней эксплуатационной скорости судов для различных рейтингов СП для российских судов.

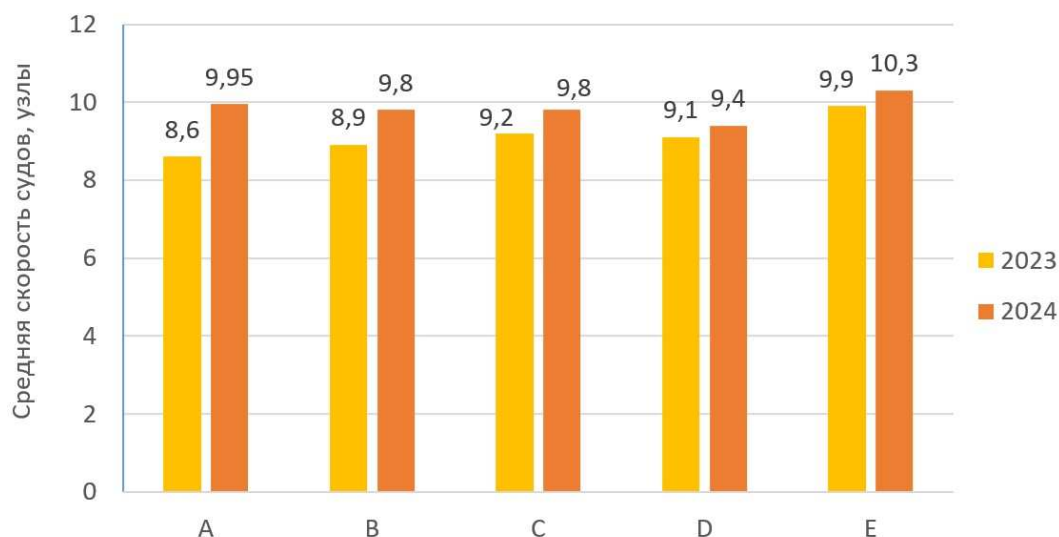


Рис. 13. Средняя скорость эксплуатации российских судов с различными рейтингами СП (учитывались все суда, совершающие транспортную работу)

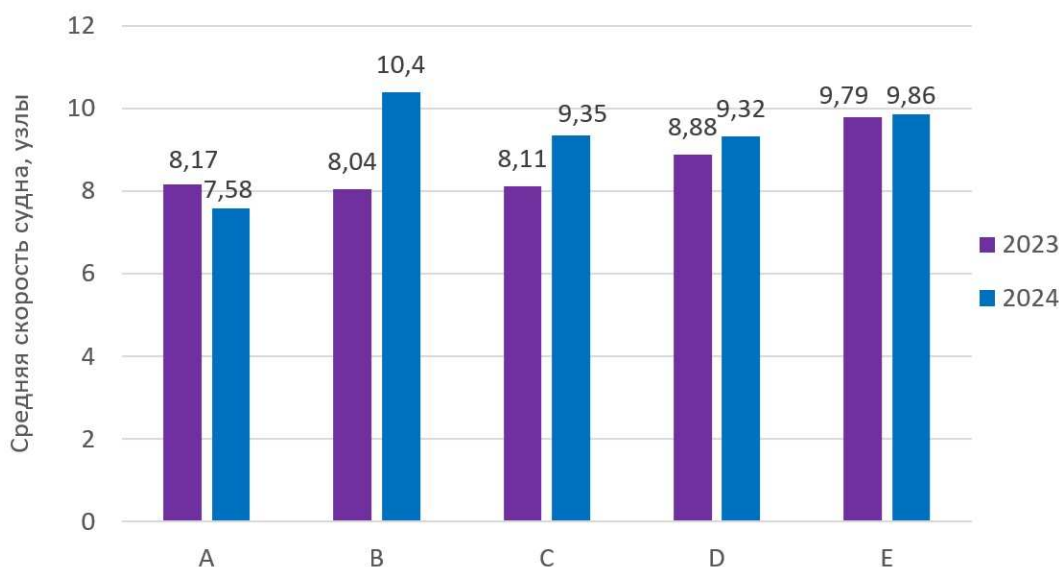


Рис. 14. Средняя скорость эксплуатации российских судов для генеральных грузов с различными рейтингами СП

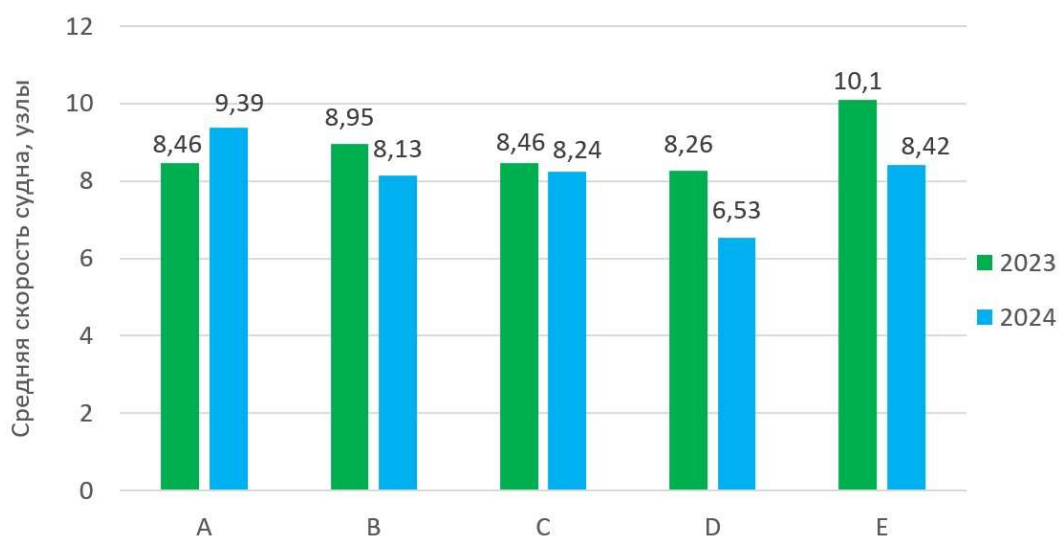


Рис. 15. Средняя скорость эксплуатации российских нефтеналивных судов и химовозов с различными рейтингами СИ

На рисунках 16 — 18 показано изменение средних значений коэффициента ходового времени судов для различных рейтингов СИ для российских судов.

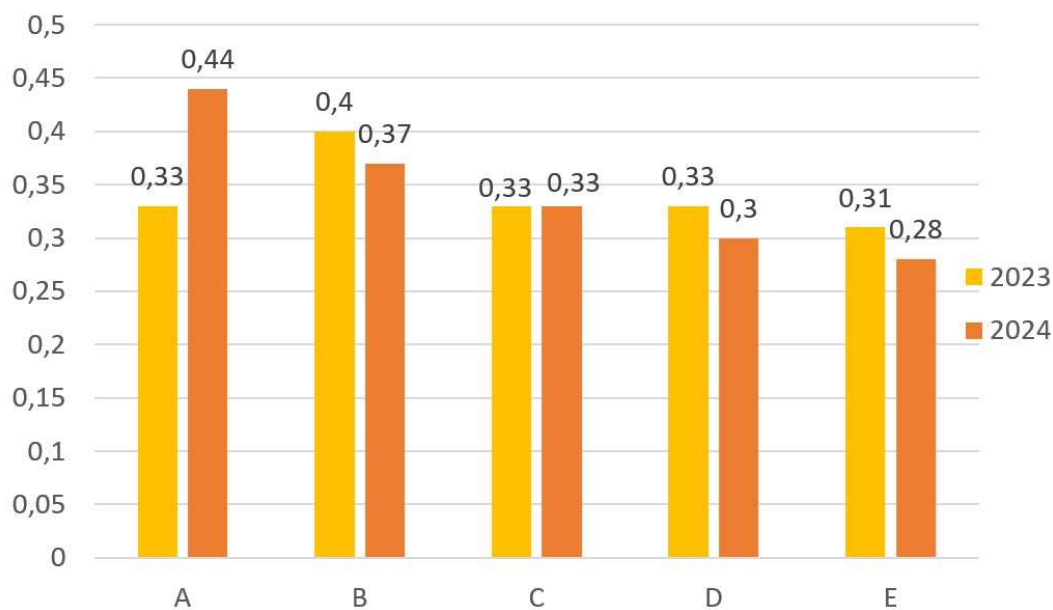


Рис. 16. Средний коэффициент ходового времени российских судов с различными рейтингами СИ (учитывались все суда, совершающие транспортную работу)

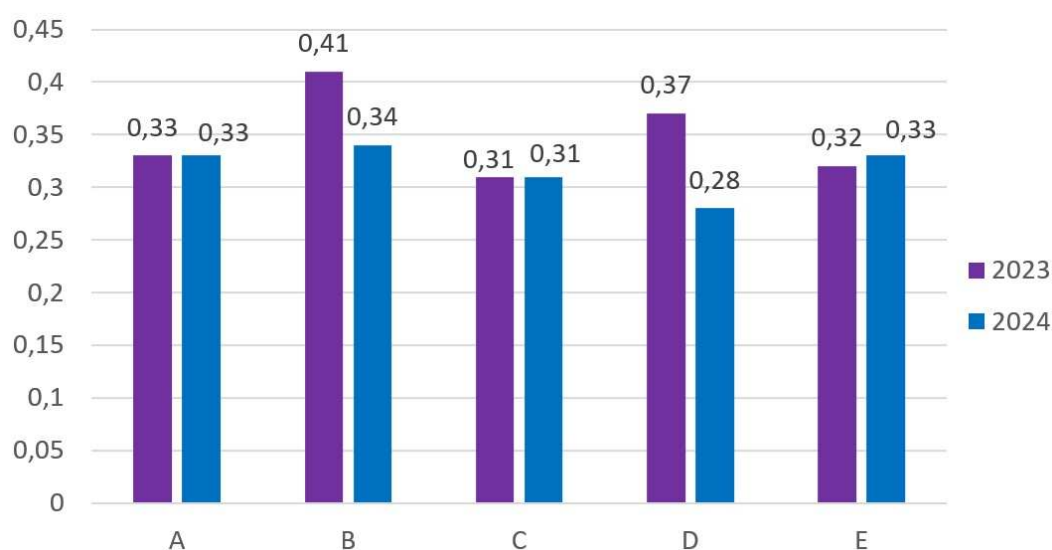


Рис. 17. Средний коэффициент ходового времени российских судов для генеральных грузов с различными рейтингами СП

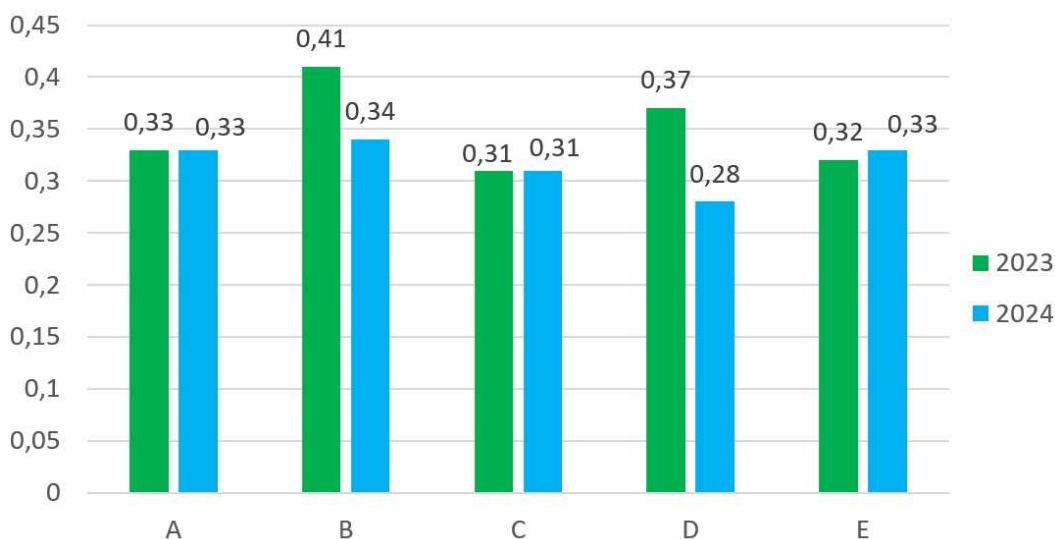


Рис. 18. Средний коэффициент ходового времени российских нефтеналивных судов и химовозов с различными рейтингами СП

Из диаграмм можно сделать вывод, что увеличение средней эксплуатационной скорости судов отрицательно сказывается на рейтинге, а увеличение коэффициента ходового времени сказывается положительно.

В табл. 3 приведено сравнение средней скорости $V_{\text{ср}}$ и среднего коэффициента ходового времени K российских судов и судов мирового флота по данным ИМО за 2023 г. [5]. Из таблицы следует, что скорость российских судов в среднем на 1,5 — 2 уз меньше, чем мирового флота, что положительно сказывается на показателях энергоэффективности, но отрицательно на экономике перевозок, так как понижает грузооборот.

Таблица 3

Сравнение средних эксплуатационных параметров российских судов и судов мирового флота по данным ИМО

	Средняя скорость судов $V_{\text{ср}}$		Средний коэффициент ходового времени K	
	РФ 2024	ИМО 2023	РФ 2024	ИМО 2023
Нефтеналивные суда и химовозы	8,3	10,9	0,31	0,56
Суда для генгруза	9,5	10,1	0,32	0,48
Рефрижераторные суда	11,7	13,4	0,32	0,47
Все суда	9,8	11,5	0,34	0,57

Еще более важный для грузооборота показатель — коэффициент ходового времени K — в среднем для российских судов меньше в 1,5 раза. Среднее время нахождения судов в российских портах, как правило, больше, чем в портах зарубежных. Это связано с совокупностью факторов, включая более быстрое таможенное оформление грузов, более совершенную инфраструктуру и более высокую производительность труда в иностранных портах. Низкий коэффициент ходового времени влияет отрицательно на эксплуатационные показатели энергоэффективности, так как расход топлива на обеспечение судна паром и электроэнергией производится при неподвижно стоящем судне, когда оно не совершает транспортной работы.

Еще один параметр, который не может не влиять на показатель СП, это способ определения количества израсходованного топлива. Из трех способов замера, допускаемых МЕРС.328(76) [4] для сбора данных о годовом расходе судового топлива, наиболее точным является способ с использованием расходомеров, однако он требует от судовладельцев дооборудования судов приборами расхода для всех потребителей топлива на судне. В методике двух других способов замера (путем измерения количества топлива в танках и по накладным на поставку бункерного топлива) заложена ошибка в сторону увеличения расхода, так как не все топливо, попавшее на судно, используется судовыми потребителями. Часть топлива сепарируется и сдается на берег в виде нефтеостатков и льяльных вод. Влияние способа замера можно проследить по данным, приведенным в табл. 4, из которых следует, что у судов, производящих замеры расхода топлива с помощью расходомеров, отрицательные рейтинги D и E встречаются примерно в два раза реже по сравнению с судами, отчитывающимися по замерам уровня в топливных танках и бункеровочным накладным.

Таблица 4

Распределение судов по рейтингам СП в зависимости от метода замера расхода топлива

Метод замера	Все суда GT ≥ 5000	Суда, совершающие транспортную работу	Суда с положительным рейтингом СП (А, В или С)	Суда с отрицательным рейтингом СП (D или E)
Использование расходомеров	12 %	8 %	85 %	15 %
Измерение количества топлива в танках	42 %	44 %	72 %	28 %
По накладным на поставку топлива (НБТ)	46 %	48 %	67 %	33 %

К сожалению, в отчетах ИМО о потреблении топлива [5, 10, 11] нет информации о том, какими способами производятся замеры расхода топлива, поэтому сравнение российских данных с данными мирового флота произвести невозможно.

Данные по расходу топлива на российских судах показывают, что ледовый класс судна — это еще один важный параметр, влияющий на показатели энергоэффективности. На рис. 19 показано изменение доли судов с отрицательным рейтингом в зависимости от ледового класса судна. Если для судов без ледового класса и с ледовым классом Ice1 доля судов с рейтингом E или D составляет 22 %, то для классов Ice2, Ice3, IB и IC — 29 %, а для классов Arc5, Arc4, финско-шведских классов IAS, IA, классов МАКО PC6, PC7 эта цифра 43 %. Хотя при расчете СП применяются поправочные коэффициенты для учета уменьшения дедвейта судна, этого явно недостаточно, чтобы учесть дополнительные затраты энергии судна при совершении плавания на свободной воде.

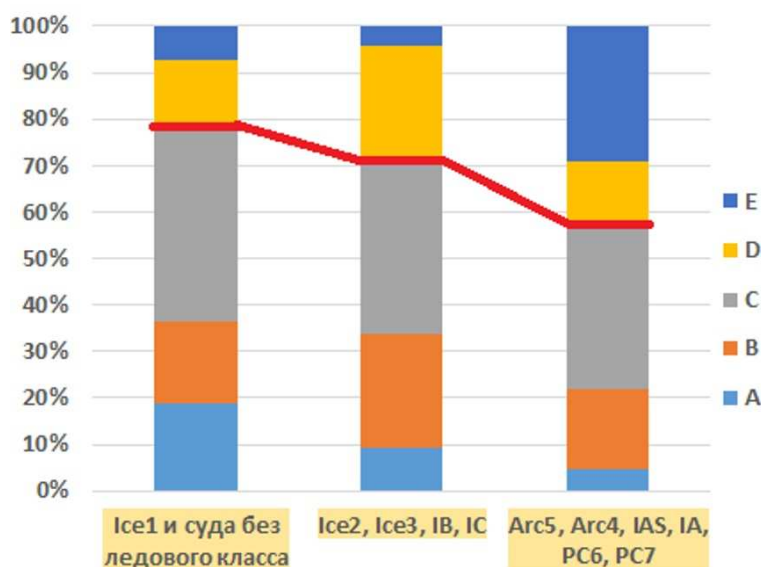


Рис. 19. Доля судов с различными рейтингами СП в зависимости от ледового класса судна по данным о расходе топлива на российских судах за 2024 г.

ВЫВОДЫ

1. В отчете ООН [2] о развитии морского транспорта делается совершенно справедливый вывод, который подтверждается данными по российскому и иностранному морскому флоту, что соблюдение мер ИМО по повышению энергоэффективности приведет к снижению эксплуатационной скорости судов и уменьшению фактической провозной способности морского флота. Для того чтобы компенсировать это уменьшение провозной способности, придется либо уменьшать грузооборот морского транспорта, что отрицательно скажется на мировой экономике и международном разделении труда, либо увеличивать число судов в эксплуатации.

2. Для достижения приемлемого значения показателя СП (рейтинги А, В и С) необходимо обеспечить более эффективную эксплуатацию судов, в частности путем выбора оптимальных маршрутов, топлива и скорости. В 2023 г. 78 % судов мирового флота получили оценку от А до С, что соответствует установленным требованиям. Доля российских судов с аналогичными рейтингами существенно меньше, в 2023 г. она составила 69,6 %, а в 2024 г. — 70,7 %.

3. Несмотря на более высокие средние скорости эксплуатации судов, зарубежные судовладельцы добиваются более высоких рейтингов СП по сравнению с российскими. Объяснить это можно более высоким коэффициентом ходового времени благодаря более быстрой разгрузке в портах, меньшим временем ожидания на рейде, то есть меньшим временем работы судна в режиме, когда происходит расход топлива без совершения судном транспортной работы. Кроме того, на показатель СП существенно влияет возможность приема электропитания с берега в европейских портах и отсутствие такой возможности в портах российских. В Российской Федерации отсутствуют причалы, оборудованные для приема транспортными судами электропитания с берега, и, насколько известно авторам, планов по развитию такой инфраструктуры нет.

4. Потребление альтернативных топлив пока не оказывает заметного влияния на выбросы CO₂ с судов как в Российской Федерации, так и за рубежом. Выбросы от сжигания различных видов альтернативных топлив (без учета сжигания СПГ на газовозах СПГ) составляют около 1 %, но динамика процесса положительная. Особенно показателен в этом плане значительный рост потребления биотоплива на иностранных судах.

5. В Российской Федерации только один порт (Большой порт Санкт-Петербург) обладает инфраструктурой для бункеровки судов СПГ. Другие порты РФ не располагают средствами для бункеровки СПГ, равно как и другими видами альтернативных топлив. Без расширения инфраструктуры для бункеровки СПГ в российских портах не приходится ожидать значительного увеличения потребления альтернативных топлив.

6. В настоящей работе на основе анализа распределения рейтингов СП показано наличие связи индекса СП с такими параметрами, как коэффициент ходового времени, средняя эксплуатационная скорость судна, ледовый класс и способ контроля расхода топлива. При этом повышение средней эксплуатационной скорости судна влияет на рейтинг СП отрицательно, а увеличение коэффициента ходового времени, напротив, положительно. Существенно отрицательно влияет на рейтинг СП ледовый класс судна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MEPC 75/7/15 — Fourth IMO GHG Study 2020 / International Maritime Organization (IMO). — July 2020.
2. UNCTAD/RMT/2023 (Overview). Обзор морского транспорта. 2023 год / Конференция ООН по торговле и развитию. — Организация Объединенных Наций, Женева, 2023 год.
3. MEPC 70/18/Add.1 Annex 3 — Resolution MEPC.278(70). Amendments to MARPOL Annex VI (Data collection system for fuel oil consumption of ships). 2016.
4. MEPC 76/15/Add.1 Annex 1 — Resolution MEPC.328(76). 2021 Revised MARPOL Annex VI.
5. MEPC 82/6/38 — Report of fuel oil consumption data submitted to the IMO Ship Fuel Oil Consumption Database in GISIS (Reporting year: 2023).
6. Resolution MEPC.308(73) — 2018 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships.
7. Шурпак В.К. Анализ потребления альтернативных видов топлива на морских судах / В.К. Шурпак, М.С. Богданов // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2023. — № 70/71. — С. 29 — 36. — EDN QYFSKP.
8. Березин А.О. Сравнительный анализ документов стратегического планирования ИМО и Российской Федерации в области сокращения выбросов парниковых газов / А.О. Березин, С.А. Толмачев, В.К. Шурпак // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 78. — С. 23 — 34. — EDN WZWOPO.
9. Березин А.О. Закономерности развития экспорта зерновых культур из южных регионов России водным транспортом / А.О. Березин, Я.А. Сперанская, К.В. Прозоров // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. — 2024. — Т. 16, № 5. — С. 690 — 699. — DOI 10.21821/2309-5180-2024-16-5-690-699. — EDN FJOTBH.
10. MEPC 81/6 — Report of fuel oil consumption data submitted to the IMO Ship Fuel Oil Consumption Database in GISIS (Reporting year: 2022).
11. MEPC 79/6/1 — Report of fuel oil consumption data submitted to the IMO Ship Fuel Oil Consumption Database in GISIS (Reporting year: 2021).

REFERENCES

1. MEPC 75/7/15 — Fourth IMO GHG Study 2020 / International Maritime Organization (IMO). July 2020.
2. UNCTAD/RMT/2023 Review of Maritime Transport 2023 (Overview) / United Nations Conference on Trade and Development. Geneva, 2023.
3. MEPC 70/18/Add.1 Annex 3 — Resolution MEPC.278(70). Amendments to MARPOL Annex VI (Data collection system for fuel oil consumption of ships). 2016.
4. MEPC 76/15/Add.1 Annex 1 — Resolution MEPC.328(76). 2021 Revised MARPOL Annex VI.
5. MEPC 82/6/38 — Report of fuel oil consumption data submitted to the IMO Ship Fuel Oil Consumption Database in GISIS (Reporting year: 2023).
6. Resolution MEPC.308(73) — 2018 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships.
7. Shurpyak V.K., Bogdanov M.S. Analysis of the consumption of alternative fuels on sea-going ships. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2023. No. 70/71. P. 29 — 36. EDN QYFSKP. (In Russ.)
8. Berezin A.O., Tolmachev S.A., Shurpyak V.K. Comparative analysis of IMO and Russian Federation strategic planning documents related to greenhouse gas emissions reduction. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 78. P. 23 — 34. EDN WZWOPO. (In Russ.)
9. Berezin A.O., Speranskaya Y.A., Prozorov K.V. Patterns of development of export cargo flows of grain crops from the southern regions of Russia. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2024. Vol. 16, No. 5. P. 690 — 699. DOI 10.21821/2309-5180-2024-16-5-690-699. EDN FJOTBH. (In Russ.)
10. MEPC 81/6 — Report of fuel oil consumption data submitted to the IMO Ship Fuel Oil Consumption Database in GISIS (Reporting year: 2022).
11. MEPC 79/6/1 — Report of fuel oil consumption data submitted to the IMO Ship Fuel Oil Consumption Database in GISIS (Reporting year: 2021).