

DOI: 10.24937/2542-2324-2022-4-402-141-156
УДК 656.61+504.7

В.В. Магаровский, В.Н. Половинкин , А.В. Пустошный , О.В. Савченко
ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

НОВОЕ В МЕЖДУНАРОДНОЙ ПОЛИТИКЕ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ СУДАМИ И НЕОБХОДИМЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В МОРСКОМ СЕКТОРЕ

ЧАСТЬ 1. АНАЛИЗ РУКОВОДЯЩИХ ДОКУМЕНТОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ НОВУЮ ПОЛИТИКУ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Объект и цель научной работы. Целью работы является анализ новых положений политики Международной морской организации (ИМО), направленной на снижение эмиссии парниковых газов от международного судоходства, а также руководящих документов РФ и ЕС, определяющих экологическую политику в морском секторе в свете выполнения Парижского соглашения 2015 г. Настоящая работа является первой в серии из трех статей, посвященной рассмотрению аспектов новой политики и задач судостроения, решение которых необходимо для выполнения установок ИМО.

Материалы и методы. Работа выполнена как аналитический обзор документации и публикаций по теме. Используются документы ИМО, директивные документы ЕС и руководящие документы Российской Федерации.

Основные результаты. Проанализированы новые положения политики ИМО, направленные на снижение эмиссии парниковых газов в свете поставленной задачи – снижения выбросов от международного судоходства на 70 % к 2050 г. по сравнению с 2008 г. Для этого предполагается производить нормирование коэффициента энергетической эффективности не только для новых судов, как было ранее, но и для судов, находящихся в эксплуатации.

Одновременно введен углеродный карбоновый индикатор (Carbon Intensity Indicator, СИ), который определяется как результат мониторинга расхода топлива в течение каждого года, и введено рейтинговое нормирование этого индекса. Введением постоянно ужесточающегося рейтингового нормирования индекса СИ стимулируется необходимость для судов внедрять каждые несколько лет новые мероприятия, обеспечивающие снижение эмиссии. Из анализа очевидно, что требуются исследования и разработки, направленные на снижение эмиссии как новых, так и эксплуатирующихся судов.

Заключение. В результате проведенного анализа показано, что величина снижения эмиссии тепличных газов от судоходства, декларируемая в новых руководящих документах ИМО и Евросоюза, предписывает кратное снижение объема эмиссии по сравнению с величинами, для достижения которых уже предприняты существенные усилия судостроителей и которые определяли совершенствование судов в 2010–2025 гг.

Введенная рейтинговая система фактической оценки эмиссии для каждого судна под угрозой запрещения международных рейсов требует периодической модернизации судов, находящихся в эксплуатации, с внедрением новых технических мер. На данном этапе судостроение должно определить и подготовить к внедрению указанные меры (они будут проанализированы во второй и третьей частях настоящей серии статей).

Ключевые слова: парниковые газы, регулирование эмиссии, индекс энергетической эффективности, углеродный карбоновый индикатор.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Магаровский В.В., Половинкин В.Н., Пустошный А.В., Савченко О.В. Новое в международной политике снижения эмиссии парниковых газов судами и необходимые мероприятия в морском секторе. Часть 1. Анализ руководящих документов, определяющих новую политику снижения эмиссии парниковых газов. Труды Крыловского государственного научного центра. 2022; 4(402): 141–156.

For citations: Magarovskiy V.V., Polovinkin V.N., Pustoshny A.V., Savchenko O.V. Novelties in the international policy towards mitigation of greenhouse gas emissions from ships and necessary measures in marine industry. Part 1. Analysis of regulatory documents governing the new policy of greenhouse gas emission mitigation. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2022; 4(402): 141–156 (in Russian).

DOI: 10.24937/2542-2324-2022-4-402-141-156
UDC 656.61+504.7

V.V. Magarovsky, V.N. Polovinkin , A.V. Pustoshny , O.V. Savchenko
Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

NOVELTIES IN THE INTERNATIONAL POLICY TOWARDS MITIGATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM SHIPS AND NECESSARY MEASURES IN MARINE INDUSTRY

PART 1. ANALYSIS OF REGULATORY DOCUMENTS GOVERNING THE NEW POLICY OF GREENHOUSE GAS EMISSION MITIGATION

Object and purpose of research. This paper is intended to analyse new provisions of IMO policy towards reduction of greenhouse gas emission from international ship traffic, as well as Russian and EU documents governing the environmental policy in the marine industry towards implementation of the Paris Agreement of 2015. This publication is the first in the series of three articles tackling various aspects of new shipbuilding policy and tasks that have to be accomplished to meet IMO directives.

Materials and methods. This paper is an analytical review of documentation and publications on this topic. It relies on IMO documents, EU directives and governing documents of the Russian Federation.

Main results. This paper analyses the novelties in the IMO policy towards mitigation of greenhouse gas emissions in the light of the set-out task, i.e. to achieve 70% reduction in the emissions from marine ship traffic by the year 2050 as compared to 2008. To this effect, it is suggested to introduce power efficiency indexes not only for newbuildings, as it was before, but also for the ships already in service.

Along with this, another novelty was the introduction of Carbon Intensity Indicator (CII) understood as the result of year-to-year fuel consumption monitoring and assigned as per the rating system. In the new system, CII rating requirements will progressively become more and more stringent so as to create a stimulus for ship owners to take new measures towards reduction of ship emissions every several years. The analysis has shown that emission reduction for both newbuildings and in-service ships requires more research and development.

Conclusion. The analysis has shown that the reduction in greenhouse gas emissions from marine traffic stipulated in the new governing documents of IMO and European Union prescribes emission reduction to the levels several times lower than those currently achieved through considerable efforts of shipbuilders and used as reference points in ship design progress in the years 2010–2025.

Newly introduced actual emission ratings for each given ship enforced by the threat of its banning from international voyages requires periodic upgrade of the ships in service, with implementation of new technical measures. At this stage, shipbuilding industry must identify above-mentioned measures (they will be analysed in Part II and Part III of this series) and prepare their implementation.

Keywords: greenhouse gases, emission management, power efficiency index, Carbon Intensity Indicator.

The authors declare no conflicts of interest.

Введение

Introduction

На заседании Российской палаты судоходства (РПС) 28 октября 2021 г. представитель России в Международной морской организации (ИМО) сообщил о новых мерах, вводимых ИМО для дальнейшего сокращения эмиссии парниковых газов (greenhouse gas, GHG) транспортными судами при их эксплуатации. Также были распространены документы ИМО и Евросоюза по проблеме эмиссии GHG.

Отметим, что в международной практике как синонимы используют термины «эмиссия углекислого газа» (CO₂ является основной составляющей GHG), «эмиссия углерода» или «эмиссия карбона».

Если прежний порядок предусматривал, что суда сразу после строительства получали постоянный сертификат соответствия требованиям ИМО по индексу энергетической эффективности (Energy Efficiency Design Index, EEDI), то, согласно новым правилам, с каждым годом требования ИМО по эмиссии CO₂ будут существенно ужесточаться не только для

новых судов, но и для судов, находящихся в эксплуатации. Почти неизбежно, что судно, на момент завершения постройки полностью удовлетворявшее текущим требованиям ИМО, через несколько лет эксплуатации уже не будет соответствовать ужесточившимся за эти годы нормам. Поэтому для сохранения возможности его эксплуатации на международных линиях станет обязательным внедрение технических мероприятий, направленных на снижение эмиссии.

Внедрение таких мероприятий потребует участия промышленности. Как отмечалось на заседании РПС, существенная модернизация, например, для перевода судна на более экологически чистые сорта топлива, может быть выполнена один раз за его жизненный цикл, что может оказаться недостаточным при заявленных ИМО темпах ужесточения требований. Поэтому разработка мероприятий, внедрение которых могло бы эффективно снизить эмиссию как на новых судах, так и на судах после нескольких лет эксплуатации, становится важной задачей судостроительной науки и проектирования.

В настоящей статье проанализированы документы, регламентирующие политику ИМО по снижению выбросов CO₂, а также директивные документы России и ЕС, определяющие ужесточение требований по проблеме эмиссии тепличных газов в свете удовлетворения Парижского соглашения (этот документ, регулирующий меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 г., был принят в рамках конвенции ООН об изменении климата 12 декабря 2015 г. в столице Франции). Настоящая публикация является первой в серии статей, рассматривающей вопросы снижения эмиссии GHG морского транспорта. В последующих работах будут проанализированы технические меры для снижения эмиссии.

Первый этап регулирования ИМО эмиссии парниковых газов

First stage of IMO regulations for greenhouse gas emissions

В 2004 г. резолюцией ассамблеи ИМО А.963(23) [1] было предложено разработать базовые нормы по эмиссии GHG. В июле 2005 г. Комитет ИМО по защите морской среды (МЕРС) одобрил «Промежуточное руководство по добровольной индексации эмиссии CO₂ для использования в испытаниях» (документ МЕРС.Circ.471), в котором говорилось о снижении выбросов CO₂ судами как о стратегическом направлении для защиты окружающей среды.

Руководство, носившее рекомендательный характер, было призвано помочь судовладельцам оценить уровень эмиссии с судна по отношению к неким базовым нормам и сформулировать приемлемые общие подходы по добровольной индексации выбросов CO₂. Поскольку эмиссия CO₂ напрямую зависит от количества потребляемого судами топлива, индексация энергоэффективности должна была стимулировать снижение мощности для перевозки нормированного груза.

Было предложен индекс карбоновой транспортной эффективности (Carbon Dioxide Transport Efficiency Index), общий смысл которого определялся формулой:

Index = масса CO₂ / транспортная работа.

В 2009 г. циркуляром МЕРС.Circ.681 предложено «Промежуточное руководство по методу расчета индекса энергетической эффективности». В нем впервые введен проектный индекс энергетической эффективности (здесь и далее используется международное обозначение EEDI) и предложена формула для его расчета:

$$EEDI = \frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} C_{FME(i)} SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} C_{FAE} SFC_{AE}^*)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w} + \frac{\left[\left(\prod_{j=1}^M f_j \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} P_{AEff(i)} \right) C_{FAE} SFC_{AE} \right] - \left[\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} P_{eff(i)} C_{FME(i)} SFC_{ME} \right]}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}. \quad (1)$$

Здесь: P – мощность двигателя (кВт), для главного двигателя (ГД) принимаемая равной 75 % MCR; SFC – удельный расход топлива (г/кВт·ч); C_F – безразмерный коэффициент, зависящий от содержания в топливе углерода и связывающий расход топлива (г) и эмиссию CO₂ (г). Индексы MEi и AEi означают, что величины относятся к главным и вспомогательным механизмам. Под вместимостью (capacity) понимается дедвейт (т); V_{ref} – скорость судна на глубокой воде в отсутствие ветра и волнения при максимальной проектной нагрузке (уз).

В формуле введены коэффициент коррекции мощности f_i , учитывающий ледовый класс, коэффициент f_w , учитывающий влияние ветра и волне-

ния, и $f_{eff(i)}$, учитывающий наличие инноваций, а также даны рекомендации по их определению. Последняя скобка формулы (1) учитывает инновационные меры по снижению мощности ГД с коэффициентом 0,75 от величины снижения мощности. В дальнейшем резолюцией МЕРС [2] в знаменатель был введен коэффициент f_m , который для судов ледового класса 1A Super и 1A рекомендовалось принимать равным 1,05.

Руководство было ориентировано на строящиеся суда и должно было стимулировать разработку и внедрение технических решений, направленных на повышение их энергетической эффективности. Сфера применения первоначально включала 10 типов судов, позже перечень был расширен (см. часть «Технические меры ИМО для сокращения эмиссии»).

В качестве базы сравнения (референсных линий) в 2009 г. документом МЕРС 60/4/7 предложено принимать осредненную величину для каждой группы судов по формуле:

$$\text{Baseline Value} = a \cdot \text{Capacity}^{-c},$$

где a и c – константы, определяемые из регресс-анализа с использованием базы данных Lloyd's Register Fairplay (LRFP).

Тогда же в документе МЕРС 60/4/5 впервые поставлен вопрос об испытаниях для верификации. Отмечено, что предварительный технический файл по EEDI судостроители должны представлять на базе «надежных результатов испытаний в опытовом бассейне». Проверку достигнутого значения индекса (Attained EEDI) рекомендовалось проводить в ходе натурных испытаний на осадке, приближенной к грузовой, но которая может быть обеспечена верфью в условиях сдаточных испытаний. А опытовым бассейнам предлагалось проводить дополнительные модельные испытания на этой осадке для определения EEDI.

Принципиальным являлось решение о том, что каждое судно будет иметь на борту сертификат энергоэффективности (International Certificate on the Energy Efficiency of the Ship), который будет проверяться представителями администрации перед входом в порт или терминал. Принципиально, что сертификат должен был действовать в течение всей жизни судна, хотя не исключались дополнительные инспекции на соответствие судна сертификату.

В опубликованном после сложных дискуссий документе [3] было отмечено, что правила применяются для судов свыше 400 т за исключением ди-

зель-электрических, турбинных и гибридных. Согласно приложению 1 к документу [3] значение EEDI, зафиксированное в сертификате для каждого судна, должно быть меньше требуемого:

$$\begin{aligned} \text{Attained EEDI} &\leq \text{Required EEDI} = \\ &= (1 - X/100) \times \text{Reference Line Value}, \end{aligned}$$

где X – редуцирующий фактор, который для строящихся судов определяет предписанное ИМО снижение требуемого EEDI со временем по отношению к базовому значению EEDI (Reference Line). Для большинства типов судов предписывалось поэтапно снизить EEDI на 30 % за период внедрения регулирования EEDI (2013–2025 гг.).

Исследование потенциала эмиссии CO₂, проведенное МЕРС в 2010 г., показало, что из 1118 млн т эмиссии в 2009 г. наибольший вклад (23,6 %, 15,9 % и 10,1 %) вносили, соответственно, контейнеровозы, балкеры и нефтяные танкеры. Оценки показали, что для снижения эмиссии от всех судов на 5 % необходимо уменьшить выбросы от судов основных типов на 17 %. Отметим, что в мировой эмиссии судов доля России оценивалась только в 0,06 % (для сравнения: доли судов под флагом Панамы и Либерии составляли по 20 %).

Уже на начальном периоде введения регулирования ИМО в дискуссиях отмечалось, что простейшим способом снижения EEDI является уменьшение эксплуатационной скорости судна. Также возникали опасения о том, что в угоду снижению EEDI судостроители могут пойти на рискованное снижение прочности и мощности судов. Для предотвращения этого ИМО вынуждена была начать разработку дополнительных требований безопасности.

Для удовлетворения требований по EEDI на первом этапе в основном применялись различные типы энергосберегающих устройств. Эффективность их применения будет детально проанализирована во второй статье, однако, по данным разработчиков, эффективность каждого устройства составляла в среднем 5 %, что существенно ниже требуемой ИМО величины снижения EEDI на 30 % к 2025 г. Исследования энергосберегающих устройств, проведенные в советское время в ЦНИИ им. А.Н. Крылова, позволили сформулировать отношение к ним как к средству «лечения» судов, обводы которых по каким-то причинам оказались неоптимальными. Кроме того, большинство судов в России должны иметь один из ледовых классов, так что многие энергосберегающие устройства непригодны из-за опасности их разрушения льдом.

Для судов ледовых классов при определении EEDI необходимо также учитывать наличие ледового запаса мощности (избыточной мощности, обычно не используемой для хода в чистой воде, но необходимой для безопасной работы во льдах). Согласно [4], этот запас мощности для судов ледового класса 1A Super составляет примерно 50 %, что заставляло финских специалистов постоянно совершенствовать систему корректирующих коэффициентов в формуле (1). Для судов арктических классов запас мощности может достигать 100–150 %. Поэтому суда арктических классов по инициативе РФ вообще были исключены из-под действия регулирования EEDI.

Отметим, что последняя версия руководства по расчету EEDI [5] была принята в октябре 2018 г. Там приведены также последние версии поправочных коэффициентов для судов различных типов с ледовыми классами до 1A Super. В России они могут применяться к судам с эквивалентным ледовым классом.

Принятие Парижского соглашения существенно обострило проблему снижения эмиссии от судов по сравнению с требованиями ИМО, сформулированными на 2025 г. Ниже проанализированы новые целевые показатели снижения эмиссии к 2030 г. и 2050 г., по сравнению с которыми действующий целевой показатель ИМО снижения эмиссии на 30 % к 2025 г., уже потребовавший к настоящему времени существенной перестройки концепций проектирования судов, кажется очень скромным. По опыту введения первого этапа регулирования эмиссии CO₂ к 2020-м гг. стало ясно, что на фоне дальнейшего роста «зеленых» амбиций политиков для достижения новых целевых показателей необходимо от средств энергосбережения переходить к принципиально иным комплексным техническим мерам, включая новую энергетику.

Экологическая политика в морском секторе после подписания Парижского соглашения

Environmental policy in marine industry
after the Paris Agreement

После принятия Парижского соглашения мероприятия, направленные на снижение эмиссии GHG от морского транспорта, стали тесно увязываться с мировой экологической политикой, что определяется рядом документов, принятых в нашей стране и за рубежом.

В России целевые показатели по снижению эмиссии CO₂ определены Указом Президента РФ № 666 от 4 ноября 2020 г. «О сокращении выбросов парниковых газов». В целях реализации Парижского соглашения постановлено:

- а) обеспечить сокращение выбросов парниковых газов к 2030 г. до 70 % относительно уровня 1990 г. с учетом максимальной поглощающей способности лесов и иных экосистем и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития РФ;
- б) разработать с учетом особенностей отраслей экономики стратегию социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. и утвердить ее;
- в) создать условия для реализации мер по сокращению и предотвращению выбросов парниковых газов, а также по увеличению поглощения таких газов.

В соответствии с Указом Президента РФ Правительством РФ разработана и утверждена «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» (далее – Стратегия). Распоряжение № 3052-р подписано премьер-министром РФ 29 октября 2021 г.

В Стратегии предполагается при интенсивном сценарии развития снижение выбросов парниковых газов к 2050 г. на 60 % по сравнению с уровнем 2019 г. и на 80 % по сравнению с 1990 г. Предполагается, что совокупные инвестиции в снижение эмиссии CO₂ составят 1 % валового внутреннего продукта в 2022–2030 гг. и 1,5–2 % ВВП в 2031–2050 гг. Особенность политики России – это не только борьба за сокращение выбросов, но и использование потенциала поглощения парниковых газов за счет увеличения площади лесов. Предполагается увеличить поглощающую способность экосистем с 535 до 1200 млн т эквивалента углекислого газа. В итоге ставится задача достичь углеродной нейтральности России к 2060 г.

В Стратегии нет сформулированных отдельной строкой задач для морского и речного транспорта. Тем не менее предусмотрено: масштабное изменение структуры грузо- и пассажирооборота в пользу менее углеродоемких видов транспорта; использование новых энергоэффективных транспортных средств (ТС); строительство газомоторной и электрозарядной инфраструктуры для различных категорий транспорта; обеспечение упрощенного доступа ТС к топливу с более низким углеродным следом; развитие инфраструктуру-

ры и логистики, позволяющее оптимизировать управление транспортными потоками, повысить пропускную способность и среднюю скорость движения.

Важными для транспорта являются также позиции, относящиеся к развитию энергетики. В частности, Стратегия предусматривает рост выработки электроэнергии за счет безуглеродной генерации, создание экспортного сектора по производству водорода на основе углеводородного сырья и за счет производства низкоуглеродного водорода для выхода на международный рынок торговли водородом и развития отрасли водородных технологий за счет мероприятий по запуску коммерческих водородных предприятий. Планируется, что экспорт водорода из России составит 200 тыс. т в 2024 г. и около 2 млн т (10–15 % мирового рынка) к 2030 г. До 2050 г. планируется довести производство водорода до 50 млн т в год.

Для промышленности Стратегией предусмотрено развитие производств и использование новых видов энергоносителей, в т.ч. водорода, «зеленого» аммиака, биодизеля из древесного сырья для использования в дизельных двигателях и биометана для газотранспортной инфраструктуры.

Европа позиционирует себя наиболее передовым и активным проводником «зеленой политики». Поэтому в директивных документах ЕС, «в частности» в распространенных на заседании РПС 28 октября 2021 г. документах [6–7], можно найти наиболее полный анализ перспектив и мер, направленных на снижение эмиссии CO₂ в различных отраслях экономики, включая морской сектор, который рассматривается как важная составляющая европейской экономики. Он обеспечивает 75 % внешнего и 31 % внутреннего торгового оборота ЕС, а также перевозку 400 млн пассажиров в год. При этом доля морского сектора в общем объеме эмиссии GHG в Европе оценивается в 3–4 %, что совпадает с данными ИМО по эмиссии морского транспорта (3 % суммарной эмиссии CO₂, обусловленной человеческой деятельностью).

Согласно [6], общий годовой объем эмиссии CO₂ странами ЕС (осредненный за 2016–2019 гг.) оценивался в 1740 Мт (50 % – от энергетического сектора, 46 % – от предприятий индустрии, 4 % – от авиации). На 2026 г. установлен директивный лимит эмиссии 1,1 Мт, а к 2050 г. ЕС ставит целью достижение углеродной нейтральности. Как промежуточная задача рассматривается снижение эмиссии на 55 % к 2030 г. по сравнению с 1990 г. (или 51 % по сравнению с 2005 г.), что коррелиру-

ется с задачей Парижского соглашения не допускать повышения температуры на планете свыше 1,5 °С. Для морского транспорта снижение эмиссии должно составить 80–82 % к 2050 г. по сравнению с 1990 г. (что эквивалентно 88–89 % по сравнению с 2008 г.).

Однако оценки, проведенные в ЕС, показали, что в ряде секторов экономики снижение эмиссии существенно отстает от заданного показателя 55 % к 2030 г. В морском транспорте из-за непрерывного роста объемов морских перевозок эмиссия в настоящее время даже увеличилась на 36 % по сравнению с 1990 г. (при этом суммарная эмиссия внутриевропейских рейсов снизилась на 26 %). При сохранении тенденций развития бизнеса прогнозируется, что, несмотря на снижение эмиссии от каждого судна, интегральная эмиссия от морского транспорта будет увеличиваться на 14 % в период 2015–2030 гг. и на 34 % в период 2015–2050 гг.

Согласно [6], меры, внедряемые ИМО, недостаточны для выполнения Парижского соглашения. Декарбонизация морского транспорта в наибольшей степени осложняется экономическими причинами. Здесь преобладает тяжелое дизельное топливо, значительно более дешевое, чем виды топлива, используемые в других секторах экономики, а цена транспортировки грузов морем никак не отражает влияния судов на окружающую среду.

Совершенно ясно, что ужесточение требований по снижению эмиссии морского транспорта не может прийти в соответствие с реальными тенденциями его развития. Поэтому ЕС ищет решения, чтобы это противоречие не портило общую картину прогресса в декарбонизации. Этот поиск включает определение и жесткое внедрение технических решений для снижения эмиссии CO₂, корректировку системы учета эмиссии, привлечение инвестиций для финансирования экологических задач.

В частности, предусмотрено включение учета эмиссии от морского сектора в Европейскую рыночную систему по учету эмиссии CO₂ (European Union's Emission Trading System, EU ETS), созданную для стимуляции снижения выбросов изначально только для промышленных и энергетических предприятий, но потом расширенную для всех секторов. Согласно этой системе, компании должны получить разрешения на объем производимой их установками эмиссии. Объем разрешений в сумме должен соответствовать ежегодно ужесточающим-

ся ограничениям на эмиссию, предписанным Еврокомиссией (начиная с 2024 г. предлагается линейное снижение по 5,15 % в год). Компании могут продавать и покупать свои квоты на выбросы на аукционах (в 2021 г. стоимость 1 т выбросов CO₂ достигла 50 евро, т.е. 150 евро за 1 т сожженного топлива).

При включении морского сектора в EU ETS его эмиссия (порядка 90 млн т CO₂) будет учитываться в составе общей эмиссии ЕС (1700 млн т), что позволит завуалировать недостаточное снижение данных выбросов при решении общей задачи карбоновой нейтральности. Решением 2015/1814 и Правил 2015/757 принято дополнение к директиве 2003/87/ЕС, регламентирующей рынок эмиссии тепличных газов в пределах ЕС. Согласно этим документам, EU ETS расширяется включением с 2023 г. эмиссии от морского транспорта как суммы всей эмиссии от рейсов внутри ЕС, половины эмиссии от рейсов за пределы ЕС и всей эмиссии при обработке судов в портах.

Учет эмиссии судов для EU ETS предполагается с использованием базы данных, созданной по правилам MRV (monitoring, reporting and verification), разработанным ИМО для учета расхода топлива каждого судна при выполнении только рейсов для перевозки коммерческих грузов. Для применения этих правил исключениями являются суда с валовой вместимостью менее 5000 т, рыболовные и рыбоперерабатывающие суда, военные корабли и вспомогательные суда, деревянные суда, суда, не имеющие механической установки для движения, правительственные суда некоммерческого назначения.

Предложено в морском секторе контролировать как эмиссию от судов, так и агрегированный расход топлива по компаниям, повысив роль администрирования в отношении судовладельческих компаний. Государства – члены ЕС должны иметь право отказывать в приеме судам (кроме судов под своим флагом), если они не удовлетворяют экологическим нормам, а усилия по приведению судов в соответствие нормам не увенчались успехом. Признано необходимым ужесточить разрешенные выбросы для судоходных компаний в период 2023–2025 гг., но для обеспечения плавного перехода компаниям будут предлагаться дополнительные квоты по эмиссии, от которых они должны поэтапно отказаться до 2026 г. По данным 2018 г., 35 российских компаний доложили о принятии для себя правил регулирования, утвержденных в ЕС.

Общие положения новой политики ИМО в области эмиссии парниковых газов

General provisions of new IMO policy for greenhouse gas emissions

В 2018 г. резолюцией [9] ИМО принял стратегию действий на последующие годы. Цели стратегии – увеличение вклада ИМО в глобальные усилия по снижению эмиссии GHG от международного судоходства при корреляции с требованиями Парижского соглашения, определение и внедрение действий и мер, необходимых для снижения эмиссии, включая развитие мониторинга эмиссии и поддержку исследований.

Направления работы ИМО включают: снижение эмиссии GHG для новых судов с введением следующей фазы регулирования индекса EEDI; снижение осредненной по всему международному судоходству эмиссии CO₂ при выполнении единицы транспортной работы минимум на 40 % к 2030 г. по сравнению с 2008 г. и принятие усилий по ее снижению на 70 % к 2050 г.; достижение в кратчайшие сроки пика GHG эмиссии в судоходстве и начало ее снижения минимум до 50 % к 2050 г.

ИМО сформулировала краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные меры, направленные на снижение GHG эмиссии. Краткосрочные меры должны базироваться на документах ИМО, утвержденных в период 2018–2023 гг. Они обязаны способствовать снижению эмиссии до 2023 г., при этом сроки введения их в действие определяются каждый раз отдельно. Среднесрочные меры необходимо согласовать документами МЕРС в 2023–2030 гг., а долгосрочные – после 2030 г.

Внедрение этих мер требует решения ряда задач в ходе исследований и проработок в судостроении.

Для **краткосрочных мер** это:

1. Дальнейшая работа по повышению энергоэффективности (снижения EEDI).
2. Развитие технических и эксплуатационных мер для новых и уже существующих судов на базе анализа таких индикаторов, как ежегодное соотношение эффективности, энергетическая эффективность за час эксплуатации, индивидуальные показатели судовой пропульсии и снижение использования тяжелого дизельного топлива.
3. Основание программы совершенствования существующих судов.

4. Рассмотрение и анализ использования оптимизации и снижения скорости с учетом аспектов безопасности, проходимой дистанции, изменений на рынке и сохранения способности флота обслуживать отдаленные географические районы.
5. Поощрение разработки и совершенствования национальных планов и стратегий, направленных на снижение GHG эмиссии от международного судоходства в соответствии с руководствами ИМО, чтобы избежать региональных и односторонних мер.
6. Усиление технической кооперации и активности по повышению ресурсов с применением информационных технологий (Information Technology and Creative Practice, ИТСП).
7. Рассмотрение мер по поддержке развития портов и активности по снижению GHG эмиссии от судоходства, включая снабжение судов береговой энергией от возобновляемых источников, инфраструктуры для поддержки снабжения альтернативным низкоуглеродным топливом и топливом с нулевым углеродным следом, и дальнейшая оптимизация логистических цепочек и их планирования, в т.ч. портов.
8. Инициация НИОКР, направленных на морское использование низкоуглеродного топлива и топлива с нулевым углеродным следом и инновационных технологий для дальнейшего улучшения энергетической эффективности судов и основание Управления по международным морским исследованиям.

К **среднесрочным мерам**, требующим усилий судостроения, отнесена разработка программы внедрения альтернативного топлива с низкой или нулевой эмиссией углерода, включая пересмотр национальных планов по данным видам топлива.

Среди **долгосрочных мер** следует отметить последовательное развитие применения и снабжения бесуглеродного топлива или неископаемого топлива для декарбонизации мирового судоходства во второй половине века.

Для финансирования исследований и усилий по снижению эмиссии, прежде всего в части перехода флота на топливо с низким или нулевым выбросом углерода, документом [10] сформулированы предложения по созданию Морского фонда ИМО. Фонд должен аккумулировать обязательные платежи, поступающие от каждого судна в виде вклада на исследования и развитие и зависящие от отапливаемого ИМО расхода топлива. В настоящее время согласована сумма 2 долл. за 1 т израсходованного обычного топлива.

Фонд обязан подчиняться ИМО. Руководить отбором и направлением средств на развитие инноваций должна специально созданная дирекция. В числе прочего Фонд должен финансировать объединенную техническую программу и трастовый фонд для помощи развивающимся странам по снижению эмиссии и усилиям собственно ИМО.

Реализация решений ИМО, принятых в 2010–2015 гг. и предписывавших снижение EEDI на 30 % до 2025 г., уже потребовала существенных усилий судовладельцев и судостроителей во всем мире. Однако даже на этом этапе «зеленые» организации оказывали постоянное жесткое давление на руководство ИМО и МЕРС с заявлениями о недостаточности принимаемых мер и необходимости существенного ужесточения требований ИМО по снижению эмиссии. Руководство МЕРС, исходя из позиции, что ИМО должно быть в первых рядах прогресса по выполнению Парижского соглашения, весьма чувствительно относилось к этому давлению, несмотря на то, что судоходство производит всего 3 % общих выбросов, а применение мер по снижению эмиссии судов может существенно изменить работу морского транспорта.

В течение нескольких лет МЕРС искал пути развития системы регулирования эмиссии. Была поставлена и решена задача о необходимости отслеживать расход топлива на каждом судне, для чего разработаны правила MRS (благо современные информационные технологии позволяют анализировать большие потоки информации). Перспектива получения такой базы данных позволила разработать новую политику ИМО по снижению GNG, которая будет описана ниже. Для анализа использовались распространенные на заседании РПС документы МЕРС, а также документ РПС 4-1/503 от 18.11.2021, где сжато изложены новые требования ИМО по энергоэффективности и углеродоемкости.

Дополнения к приложению VI к МК МАРПОЛ, принятые 76-й сессией МЕРС в 2021 г. [11], стимулируют выполнение краткосрочных мер по сокращению выбросов GHG с судов, включая технические и эксплуатационные меры. К техническим мерам отнесено регулирование с помощью коэффициентов энергоэффективности для существующих судов EEXI и конструктивного коэффициента энергоэффективности судна EEDI. К эксплуатационным мерам отнесено регулирование с помощью эксплуатационного индекса углеродоемкости СИ и судового плана управления (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP). Для обеспечения единообразного применения новых требований ИМО приняты нормативные документы [11–18].

Технические меры ИМО для сокращения эмиссии

Technical IMO measures towards lower emissions

В откорректированном в 2021 г. Приложении VI к МАРПОЛ для существующих судов введены требования по расчету и проверке коэффициента энергоэффективности для существующих судов (EEXI). Требования применяются к самоходным судам, совершающим международные рейсы, валовой вместимостью 400 т и более.

Согласно [11], требования применяются к следующим типам судов: балкеры; суда для комбинированных (жидких или сухих навалочных) грузов; контейнеровозы; круизные пассажирские суда; газовозы, осуществляющие перевозки отличного от СПГ груза – аммиака, пропилена, водорода и т.д.; суда для перевозки генеральных грузов; суда для перевозки СПГ (LNG); рефрижераторные суда; суда го-го для перевозки грузов; суда го-го для перевозки транспортных средств и пассажирские суда го-го; танкеры, в т.ч. нефтеналивные, химовозы и танкеры для перевозки вредных жидких веществ.

Требования по EEXI не применяются к самоходным судам; судам, движение которых обеспечивается немеханическими средствами; судам, которые имеют нетрадиционную двигательную установку (например, электродвижение), за исключением судов для перевозки СПГ (LNG) и круизных пассажирских судов; суда категории *A* согласно полярному кодексу; платформы, включая плавучие нефтегазодобывающие комплексы (FPSO, FSO) и ПБУ вне зависимости от средств их движения; пассажирские суда за исключением круизных и го-го. Эти перечни распространяются на все документы по регулированию эмиссии.

Новые требования по энергоэффективности [11] предписывают выполнить действия по расчету достигнутого и требуемого коэффициентов EEDI и/или EEXI. Индекс EEXI является мерой энергетической эффективности судна в эксплуатации.

Для его расчета в [12] предложена формула, полностью совпадающая с формулой (1), рекомендованной [5] для расчета EEDI. Практически EEXI является вариантом EEDI, основанным на результатах натуральных испытаний судов в эксплуатации.

За время внедрения регулирования эмиссии со стороны ИМО выявилось множество особенностей различных типов судов, влияющих на возможности снижения EEDI, что было учтено в последних версиях документов МЕРС. В [5] отдельно рассмотрен порядок определения корректирующих коэффициентов в формуле (1) для судов с двойным топливом (дизель + газ), контейнерных судов, судов LNG с дизель-электрической пропульсивной системой, судов с валогенератором, судов с утилизацией энергии выхлопных газов, судов для генеральных грузов, судов с различными вариантами энергосбережения для вспомогательных механизмов, для грузовых и грузопассажирских судов го-го, для танкеров-шаттлов с избыточной мощностью.

Правилем 24 в [11] для различных судов уточнены значения редуцирующих коэффициентов, практически подтверждающие ранее принятые задачи снижения EEDI на 30 % к 2025 г., а также уточнены коэффициенты для определения базовых линий.

Определено также, что пропульсивная мощность на судне не должна быть меньше, чем требуется для сохранения его маневренности в неблагоприятных погодных условиях. Величина этой мощности регламентирована руководством [19], где в качестве пиковых неблагоприятных условий рассматриваются те, что представлены в табл. 1. Для большинства судоходных путей используется спектр волнения JONSWAP с пиковым параметром 3.3.

Руководство рассматривает два варианта оценок: *A* – оценка линии минимальной мощности; *B* – оценка минимальной мощности для судна.

Более простой вариант *A* предусматривает, что если на судне мощность двигателя (MCR) не менее определенной «линией минимальной мощности» для данного типа судов, то оно рассматривается как удовлетворяющее требованию сохранения манев-

Таблица 1. Пороговые неблагоприятные условия для судов

Table 1. Threshold adverse conditions for ships

Длина судна, м	Значительная высота волны h_s , м	Пиковый период волны T_p , с	Средняя скорость ветра V_w , м/с
Менее 200	4,5	7,0–15,0	19,0
$200 \leq L_{pp} \leq 250$	Параметр линейно интерполируется в зависимости от длины судна		
Более 250	6,0	7,0–15	22,6

Таблица 2. Определение коэффициентов a и b для различных типов судов

Table 2. Determination of a and b coefficients for different types of ships

Тип судна	a	b
Балкер дедвейтом менее 145 000 т	0,0763	3374,3
Балкер дедвейтом 145 000 т и более	0,0490	7329,0
Танкер	0,0652	5960,2
Судно для комбинированных грузов	0,0652	5960,2

ренности в неблагоприятных условиях. Линии минимальной мощности для судов различных типов рассчитываются в зависимости от величины дедвейта (DWT, т) по формуле:

$$\text{Minimum Power Line Value} = a \times (\text{DWT}) + b,$$

где коэффициенты a и b определяются по табл. 2 для балкеров, танкеров и судов комбинированных грузов.

Для оценки минимальной мощности судна по варианту B в приложении 2 к руководству [19] описана многоступенчатая процедура, которая базируется на решении одномерного уравнения маневренности в продольном направлении. Ее задача – продемонстрировать, что судно способно сохранять скорость 2 уз при наличии ветра и волнения под углом 30° с носа. Сначала проводится расчет сопротивления движению судна вперед при действии ветра и волнения под углом 30° с носа. На следующем этапе определяется соответствие потребной критической (brake) мощности и оборотов вала для установленного на судне двигателя при действии ветра и волнения. Затем критическая мощность сопоставляется с мощностью двигателя, чтобы определить возможность сохранения маневренности в неблагоприятных погодных условиях.

Правилом 25 [11] предписано, что для всех судов, в т.ч. попадающих под регулирование EEDI и EEXI после большой конверсии, достигнутый коэффициент EEXI должен удовлетворять выражению:

$$\text{Attained EEXI} \leq \text{Required EEXI} = (1 - y/100) \times \text{EEDI Reference Line Value}, \quad (2)$$

где y – понижающий фактор, который зависит от типа и размера судна.

Фактор y табулирован в [11] и варьируется для контейнеровозов (в зависимости от дедвейта) в пределах 20–50, для LNG, газозовов, судов для генеральных грузов и круизных лайнеров с нетрадиционной пропульсивной установкой – до 30, для остальных судов – в пределах 15–20.

Технический файл по EEXI и выполнение условия (2) должны быть проверены администрацией или по ее поручению признанной организацией при первом ежегодном, промежуточном или возобновляющем освидетельствовании либо при первоначальном освидетельствовании судна после постройки на (или после) 1 января 2023 г. Для судов под государственным флагом РФ признанной организацией является ФАУ «Российский морской регистр судоходства». Для зарегистрированных в Российском международном реестре судов признанными организациями являются также Bureau Veritas и RINA, планируется наделить полномочиями ФАУ «Российский речной регистр».

Наиболее доступной и простой мерой, направленной на повышение энергоэффективности судна согласно формуле (2), является ограничение мощности на валу или на ДВС в соответствии с руководством ИМО [14]. Если предпринятые действия по ограничению мощности не приводят к выполнению требований по EEXI или нецелесообразны, следует определить применимые для судна энергосберегающие технологии, оборудование и устройства, а также возможность их установки. Судовладелец или компетентная организация осуществляют разработку и направляют ее на проверку в признанную организацию. Документация подлежит хранению на судне вместе с техническим файлом EEXI.

Для судов, имеющих сертификацию по EEDI, с использованием имеющегося технического файла производится проверка соответствия величины EEDI требованию формулы (2) для величины EEXI. Если требование (2) для EEDI выполняется, то новый расчет EEXI и технический файл по EEXI не требуется.

При положительных результатах освидетельствования на судно выдается новое свидетельство в соответствии с пересмотренным Приложением VI к МК МАРПОЛ [11].

Эксплуатационные меры ИМО

Operational IMO measures

Правилом 28 [11] в 2021 г. МЕРС ввел новый коэффициент – индикатор годовой карбоновой интенсивности СИ (Attained Annual Operational Carbon

Intensity Indicator). Для работы с ним введены четыре новых руководства [15–18].

В руководстве G1 [15] предложен метод расчета эксплуатационного карбонового индикатора СИ для индивидуальных судов, подлежащих регулированию эмиссии.

Индикатор СИ позволяет осуществить метрическую индикацию средней эмиссии CO₂ при выполнении судном единичной транспортной работы. В наиболее простой форме индикатор карбоновой интенсивности СИ для судна рассчитывается как отношение полной массы CO₂ (M), эмитированной при выполнении всей транспортной работы (W), проделанной в текущем календарном году:

$$\text{Attained } \text{СИ}_{\text{ship}} = M/W.$$

Суммарная масса CO₂ вычисляется как сумма эмиссии CO₂ (г) от всего топлива, израсходованного на борту в данном календарном году согласно формуле:

$$M = FC_j \times C_{Fj}$$

где j – тип топлива; FC_j – общая масса топлива типа j (г), израсходованного в календарном году; C_{Fj} – коэффициент конверсии массы топлива в массу CO₂ для топлива типа j (табл. 3, [15]).

В [15] рассматривается два варианта определения транспортной работы:

- 1) как произведение реальной или оцененной массы либо объема груза на дистанцию, на которую он перевозится; такой индекс определяется как demand-based СИ;
- 2) в отсутствие данных о реально выполненной транспортной работе W для ее определения может применяться supply-based вариант W_S , который определяется по грузопместимости и расстоянию, пройденному за данный календарный год:

$$W_S = C \times D_t,$$

где C – грузопместимость (для грузовых судов определяется как дедвейт DWT; для пассажирских круизных судов, го-го – автомобилевозов и го-го – пассажирских судов – как валовая вместимость GT); D_t – общая дистанция (в морских милях), пройденная судном в данном году согласно рапорту в IMO DCS.

Руководство G2 [16] регламентирует определение базовых линий для эксплуатационного карбонового индикатора СИ различных типов судов. Для базовой линии предложена формула:

$$\text{СИ}_{\text{ref}} = a \times \text{Capacity}^{-c},$$

где СИ_{ref} – базовое значение 2019 г. Capacity, определенное аналогично G1; a и c – параметры, оцененные через медианное осреднение регрессии данных, собранных IMO в 2019 г., и табулированных в [16] в зависимости от типа и размера судов.

Руководство G3 [17] разработано в обоснование определения годовой эксплуатационной карбоновой интенсивности судов в период между 2023 и 2030 гг. с учетом необходимого ужесточения требований. Снижение карбоновых факторов для требуемых величин СИ различных типов судов регулируется формулой:

$$\begin{aligned} \text{Required Annual Operational СИ} = \\ = (1 - Z/100) \times \text{СИ}_{\text{ref}}, \end{aligned} \quad (4)$$

где СИ_{ref} – референсное значение 2019 г., как определено руководством G2, Z – общее референсное (т.е. относительно 2019 г.) значение для понижающего коэффициента СИ для данного типа судов с 2023 по 2030 г. Значения понижающего коэффициента Z были установлены такими, чтобы в комбинации с другими требованиями Приложения VI MARPOL обеспечить снижение осредненной эмиссии при выполнении транспортной работы от судостроительству минимум на 40 % к 2030 г. по сравнению с 2008 г.

Таблица 3. Коэффициент C_F конверсии массы топлива в массу CO₂

Table 3. C_F coefficient of fuel-to-CO₂ conversion

№ п/п	Тип топлива	Ссылка	Низшая теплотворная способность (кДж/кг)	C_F (т CO ₂ /т топлива)
1	Дизель/газойль	ISO8217, DMX-DMB	42 700	3,206
2	Легкое топливо	ISO8217, RMARMD	41 200	3,151
3	Тяжелое топливо	ISO8217, RME-RMK	40 200	3,114
4	СПГ		48 000	2,750

Таблица 4. Понижающий коэффициент (Z %) для СИ по отношению к базовой линии 2019 г.

Table 4. Reducing coefficient (Z %) for CII with respect to the 2019 baseline

Год	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Z % относительно 2019 г.	5*	7	9	11	–**	–**	–**	–**

Для обоснования величин понижающих коэффициентов в руководстве G3 предложен метод, основанный на рассмотрении снижения агрегированного индекса, который может применяться как для судоходства в целом, так и для отдельных типов судов:

$$\text{Attained CII}_{\text{shipping}} = \text{aggregated } M / \text{aggregated } W.$$

В формуле: aggregated M – агрегированная масса CO_2 (г), эмитированная при выполнении определенного количества транспортной работы aggregated W (в тонно-милях), выполненной в данном календарном году всеми индивидуальными судами рассматриваемых типов. В отсутствие данных по реальной транспортной работе aggregated W индивидуальных судов может оцениваться по данным из надежных источников, например Fourth IMO GHG Study 2020.

Анализ показал, что с 2008 по 2019 г. величина Attained $\text{CII}_{\text{shipping}}$ уменьшилась на 33,3 % по методу demand-based и на 23,6 % по методу supply-based. Выполненный на базе этих данных в G3 пересчет, с учетом необходимости снижения этой величины на 40 % к 2030 г., позволил предложить временной график изменения понижающего коэффициента по отношению к базовой линии 2019 г. (табл. 4). Коэффициент Z для 2027–2030 гг. в таблице должен быть еще более ужесточен, принимая во внимание результаты внедрения ИМО краткосрочных мер после 2023 г.

Руководство G4 [18] является определяющим в новой политике ИМО и содержит описание введенной Правил 28 Приложения VI к MARPOL [11] рейтинговой системы контроля эмиссии существующих судов.

Начиная с 2023 г. по окончании каждого последующего года любое судно валовой вместимостью от 5000 т, попадающее под тип судов, включенных в список для регулирования эмиссии GHG, должно рассчитывать годовой индекс карбоновой эффективности СИ за период с 1 января по 31 декабря рассматриваемого года с использованием данных, собранных по методике ИМО DCS (Data Collection System). В течение трех месяцев после окончания года данные по СИ передаются администрации или уполномоченной организации в формате, разработанном ИМО.

Величина достигнутого годового эксплуатационного коэффициента должна быть задокументирована и проверена в сравнении с требуемым СИ, чтобы определить рейтинг эксплуатационной карбоновой интенсивности A, B, C, D или E . Центральная точка рейтинга C должна соответствовать значению, эквивалентному требуемому по формуле для Required Annual Operational СИ (4).

На совещании РПС был предложен наглядный рисунок для популярного объяснения действия рейтинговой системы (рис. 1), в котором показаны пять рейтинговых зон для требуемого ежегодного эксплуатационного индекса СИ.

Согласно G4, соответствие рейтинга индекса СИ данного судна зонам A и B «может приветствоваться»

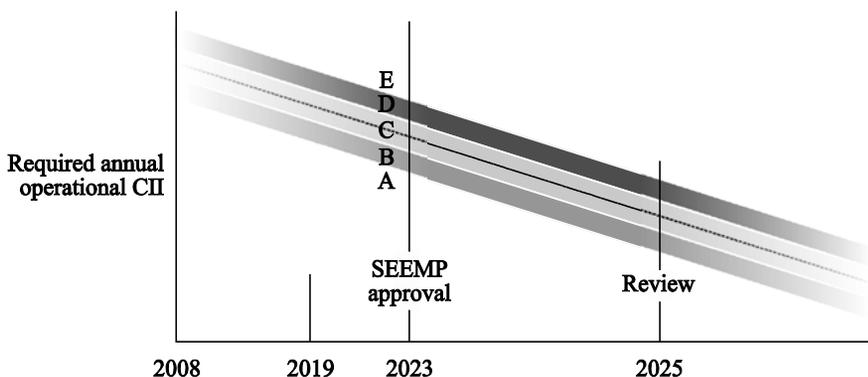


Рис. 1. Объяснение рейтингового механизма снижения индекса СИ

Fig. 1. Explanation of the rating mechanism of CII index reduction

и поощряться» администрациями. Соответствие рейтинга СП зоне *C* означает, что судно отвечает требованиям, актуальным для данного года, но это последняя зона, для которой не требуется действий по улучшению величины СП. Суда, отнесенные к рейтингам *D* и *E*, должны разработать план корректирующих действий, чтобы достичь требуемого эксплуатационного СП (*D* – на следующие три года, *E* – на год).

Судовой план SEEMP необходимо переделать, включив туда план корректирующих действий, и представить администрации вместе с данными по СП или не позднее месяца после их представления. Суда, отнесенные к рейтингам *D* и *E*, должны в обязательном порядке осуществить запланированные коррективы (*D* – в течение трех последующих лет, *E* – в течение года).

Границы рейтингов следует синхронизировать с требованиями к понижающему коэффициенту, хотя расстояние между границами не должно изменяться. Таким образом, для определения рейтинга используются значения ежегодного индекса СП для судна и предварительно определенных для данного года границ рейтингов.

Для определения границ рейтингов в G4 предложена методика, основанная на квантильной модели регрессии. Границы определяются по формулам:

superior boundary = $\exp(d_1)$ required СП;

lower boundary = $\exp(d_2)$ required СП;

upper boundary = $\exp(d_3)$ required СП;

inferior boundary = $\exp(d_4)$ required СП. (5)

Величины $\exp(d_i)$ для различных типов судов даны в табл. 5 из [18]. Следуя этим границам, можно определить рейтинг судна. Как видно из таблицы, ширина рейтинговых полос составляет в среднем 10–12 %. Это означает, что новое судно, которое в начале эксплуатации имеет значение рейтинга, соответствующее середине полосы *C*, перейдет в неблагоприятный рейтинг *D* уже через три года, при этом у судна будет еще три года, чтобы исправить ситуацию. Судно, имеющее рейтинг, соответствующий верхней границе полосы *B*, будет иметь шесть лет до начала проблем с выходом на рейтинг *D*, требующий модернизации в течение трех лет.

Заключение

Conclusion

1. Подписание Парижского соглашения по климату 2015 г. привело к разработке в России, ЕС и ИМО ряда политических документов, определяющих развитие различных отраслей экономики в условиях постоянно ужесточающихся требований к снижению эмиссии парниковых

Таблица 5. Величины в формулах (5) для определения границ рейтингов [18]

Table 5. Values adopted in Expressions (5) to calculate rating limits [18]

Тип судна	Вместимость в расчете СП	$\exp(d_1)$	$\exp(d_2)$	$\exp(d_4)$	$\exp(d_5)$	
Балкеры	DWT	0,86	0,94	1,06	1,18	
Газовозы:	▪ 65 000 т двт и выше	DWT	0,81	0,91	1,12	1,44
	▪ менее 65 000 т двт	DWT	0,85	0,95	1,06	1,25
Танкеры	DWT	0,82	0,93	1,08	1,28	
Контейнеровозы	DWT	0,83	0,94	1,07	1,19	
Суда для генеральных грузов	DWT	0,83	0,94	1,06	1,19	
Грузовые рефрижераторные суда	DWT	0,78	0,91	1,07	1,20	
Суда комбинированных грузов	DWT	0,87	0,96	1,06	1,14	
Газовозы LNG:	▪ 100 000 т двт и более	DWT	0,89	0,98	1,06	1,13
	▪ менее 100 000 т двт	DWT	0,78	0,92	1,10	1,37
Ro-ro грузовые суда (автомобилевозы)	GT	0,86	0,94	1,06	1,16	
Ro-ro грузовые суда	DWT	0,66	0,90	1,11	1,37	
Ro-ro пассажирские суда	GT	0,72	0,90	1,12	1,41	
Крузизные пассажирские суда	GT	0,87	0,95	1,06	1,16	

- газов, имея в виду достижение карбоновой нейтральности к 2050–2060 гг. Водный транспорт рассматривается как важная отрасль экономики, которая очень сложно поддается декарбонизации, и в настоящее время ставится задача снижения эмиссии CO₂ на 40 % к 2030 г. и на 70 % к 2050 г. по сравнению с 2008 г.
2. Ранее принятые документы ИМО предусматривали снижение коэффициента энергетической эффективности EEDI на 30 % в период с 2013 по 2025 г. Учитывая, что такой уровень снижения эмиссии существенно ниже требований, указанных в п. 1, ИМО разработала ряд новых документов, определяющих политику организации по снижению эмиссии CO₂ на последующие годы.
 3. Принципиальным отличием новой политики ИМО является введение требований по эмиссии для судов, находящихся в эксплуатации. Эти требования начиная с 2023 г. будут постоянно ужесточаться (в первое время – по 2 % в год). Вводится пять рейтингов для оценки судов с применением вновь вводимого коэффициента – индикатора годовой карбоновой интенсивности судов СП, который рассчитывается на судне исходя из годового расхода топлива и выполненной за год транспортной работы. При соответствии двум худшим рейтингам *E* и *D* судно обязано за три года для рейтинга *D* или за год – для наихудшего рейтинга *E* провести мероприятия по его улучшению, иначе оно лишится права работать на международных рейсах.
 4. Для сокращения эмиссии мирового судоходства ИМО предусматривает внедрение краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных мер. Ряд этих мер требует проведения исследований и разработок со стороны судостроения. Среди них – дальнейшее внедрение технических мер и решений, направленных на повышение энергоэффективности и снижение эмиссии, включая переход на альтернативную энергетику (их анализ будет дан в следующих статьях серии).
 5. Важным направлением исследований и разработок следует считать снижение GHG эмиссии судов за счет берегового энергоснабжения судов в портах.
 6. ИМО указывает на необходимость основания программы по снижению эмиссии GHG для существующих судов, а также разработки национальных планов и стратегий, направленных на снижение эмиссии от международного судоходства. Для России, в свете необходимо-

сти применения требований ледовых классов практически ко всем судам, необходимо рассмотрение номенклатуры судов, для которых реально могут возникнуть проблемы в связи с новой политикой ИМО.

7. Можно ожидать, что рассмотренные позиции ЕС могут подвергнуться определенной корректировке в связи с санкционными изменениями энергетического баланса ЕС, однако вероятность существенных изменений позиций ИМО очень мала.

Список использованной литературы

1. Политика и практика ИМО в отношении снижения выбросов с судов газов, вызывающих парниковый эффект : резолюция А.963(23) : [утв. 05 дек. 2003] // Сборник № 23 резолюций ИМО. Санкт Петербург : ЦНИИМФ, 2004. 8 с.
2. Resolution MEPC.322(74). Amendment to the 2018 guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships : adopt. 17 May 2019 // MEPC 74/18. London : Int. Maritime Organization, 2019. Annex 16. 5 p.
3. Report of the Maritime Environment Protection Committee on its sixty-first Session/ MEPC 61/WP.13. London : Int. Maritime Organization, 2010. 21 p.
4. Riska K. EEDI for ice class ships // Proceedings of the International conference «Arctic Shipping Summit 2011». Helsinki, 2011.
5. Resolution MEPC.308(73). Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ship : adopt. on 26 October 2018 // MEPC 73/19. London, 2018. Annex 5. 36 p.
6. Proposal for a Directive of the European parliament and of the council amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757 // EUR-Lex : [site]. Brussels, 2021. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021PC0551> (Accessed: 10.08.2022).
7. Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC // EUR-Lex : [site]. Brussels, 2021. 36 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0562&qid=1660202496723> (Accessed: 10.08.2022).
8. Regulation of the European Parliament and the Council on the use of renewable and low – carbon fuels in maritime

- transport and amending Directive 2009/16/EC, Brussel 14.7.2021 Com (2021)562 final 2021/0210 (COD).
9. Resolution MEPC.304(72). Initial IMO strategy on reduction of GHG evission from ships : adopt. 13 April 2018 // MEPC 72/17. London, 2018. Annex 11. 11 p.
 10. MEPC 76/7/7. Reduction of GHG emissions from ships : Proposed draft amendments to MARPOL Annex VI (Establishment of the International Maritime Research and Development Board and the IMO Maritime Research Fund) : consid. 10 March 2021 // International Chamber of Shipping : [site]. London, 2021. URL: <https://www.ics-shipping.org/wp-content/uploads/2021/03/MEPC-76-7-7-Proposed-draft-amendments-to-MARPOL-Annex-VIEstablishment-of-the-International-Maritime-R...-Denmark-Georgia-Greece....pdf> (Accessed: 10.08.2022).
 11. Resolution MEPC.328(76). Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating there to 2021 Revised MARPOL Annex VI : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 1. 88 p.
 12. Resolution MEPC.333(76). 2021 Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency existing ship index (EEXI) : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 7. 10 p.
 13. Resolution MEPC.334(76). 2021 Guidelines on survey and certification of the Attained Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI) : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London, 2021. Annex8. 13 p.
 14. Resolution MEPC/ 335(76). 2021 Guidelines on the shaft/engine power limitation system to comply with the EEXI requirements and use of a power reserve : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 9. 10 p.
 15. Resolution MEPC.336(76). 2021 Guidelines on operational carbon intensity indicators and the calculation methods (CII Guidelines, G1) : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 10. 4 p.
 16. Resolution MEPC.337(76). 2021 Guidelines on the reference lines for use with operational carbon intensity indicators (CII Reference lines Guidelines, G2) // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 11. 3 p.
 17. Resolution MEPC. 338(76). Guidelines on the operational carbon intensity reduction factors relative to reference lines (CII reduction factors guidelines, G3) : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London : Int. Maritime Organization, 2021. Annex 12. 6 p.
 18. Resolution MEPC.339(76). Guidelines on the operational carbon intensity ratings of the ships (CII rating guidelines, G4) : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London : Int. Maritime Organization, 2021. Annex 7. 10 p.
 19. MEPC.1/Circ.850. Guidelines for determining minimum power to maintain the maneuverability of the ships in adverse conditions : Rev.3 : approved 7 July 2021 // International Maritime Organization (IMO) : [site]. London, 2021. 13 p. URL: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/MEPC.1-Circ.850-Rev.3.pdf> (Accessed: 01.08.2022).

References

1. Resolution IMO A.963(23). 2004. IMO policies and practices related to the reduction of greenhouse gas emissions from ships. Collection 23 of IMO Resolutions. St. Petersburg, 2004. 8 p. (*in Russian*).
2. Resolution MEPC.322(74). Amendment to the 2018 guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships : adopt. 17 May 2019 // MEPC 74/18. London : Int. Maritime Organization, 2019. Annex 16. 5 p.
3. Report of the Maritime Environment Protection Committee on its sixty-first Section/ MEPC 61/WP.13. London : Int. Maritime Organization, 2010. 21 p.
4. *Riska K.* EEDI for ice class ships // Proceedings of the International conference “Arctic Shipping Summit 2011”. Helsinki, 2011.
5. Resolution MEPC.308(73). Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ship : adopt. on 26 October 2018 // MEPC 73/19. London, 2018. Annex 5. 36 p.
6. Proposal for a Directive of the European parliament and of the council amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757 // EUR-Lex : [site]. Brussels, 2021. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021PC0551> (Accessed: 10.08.2022).
7. Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC // EUR-Lex : [site]. Brussels, 2021. 36 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0562&qid=1660202496723> (Accessed: 10.08.2022).
8. Regulation of the European Parliament and the Coucil on the use of renewable and low – carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC, Brussel 14.7.2021 Com (2021)562 final 2021/0210 (COD).
9. Resolution MEPC.304(72). Initial IMO strategy on reduction of GHG evission from ships : adopt. 13 April 2018 // MEPC 72/17. London, 2018. Annex 11. 11 p.

10. MEPC 76/7/7. Reduction of GHG emissions from ships : Proposed draft amendments to MARPOL Annex VI (Establishment of the International Maritime Research and Development Board and the IMO Maritime Research Fund) : consid. 10 March 2021 // International Chamber of Shipping : [site]. London, 2021. URL: <https://www.ics-shipping.org/wp-content/uploads/2021/03/MEPC-76-7-7-Proposed-draft-amendments-to-MARPOL-Annex-VI-establishment-of-the-International-Maritime-R...-Denmark-Georgia-Greece...pdf> (Accessed: 10.08.2022).
11. Resolution MEPC.328(76). Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating there to 2021 Revised MARPOL Annex VI : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 1. 88 p.
12. Resolution MEPC.333(76). 2021 Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency existing ship index (EEXI) : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 7. 10 p.
13. Resolution MEPC.334(76). 2021 Guidelines on survey and certification of the Attained Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI) : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 8. 13 p.
14. Resolution MEPC/ 335(76). 2021 Guidelines on the shaft/engine power limitation system to comply with the EEXI requirements and use of a power reserve : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 9. 10 p.
15. Resolution MEPC.336(76). 2021 Guidelines on operational carbon intensity indicators and the calculation methods (CII Guidelines, G1) : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 10. 4 p.
16. Resolution MEPC.337(76). 2021 Guidelines on the reference lines for use with operational carbon intensity indicators (CII Reference lines Guidelines, G2) // MEPC 76/15. London, 2021. Annex 11. 3 p.
17. Resolution MEPC.338(76). Guidelines on the operational carbon intensity reduction factors relative to reference lines (CII reduction factors guidelines, G3) : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London : Int. Maritime Organization, 2021. Annex 12. 6 p.
18. Resolution MEPC.339(76). Guidelines on the operational carbon intensity ratings of the ships (CII rating guidelines, G4) : adopt. 17 June 2021 // MEPC 76/15. London : Int. Maritime Organization, 2021. Annex 7. 10 p.
19. MEPC.1/Circ.850. Guidelines for determining minimum power to maintain the maneuverability of the ships in adverse conditions : Rev.3 : approved 7 July 2021 // International Maritime Organization (IMO) : [site]. London, 2021. 13 p. URL: <https://www.wcdn.imo.org/>

[localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/MEPC.1-Circ.850-Rev.3.pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/MEPC.1-Circ.850-Rev.3.pdf)
(Accessed: 01.08.2022).

Сведения об авторах

Магаровский Вячеслав Валерьевич, к.т.н., начальник отделения гидродинамики ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 415-65-05. E-mail: 2_otd@ksrc.ru.

Половинкин Валерий Николаевич, д.т.н., профессор, научный руководитель ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 386-67-03. E-mail: krylov@krylov.spb.ru. <https://orcid.org/0000-0003-4044-2551>.

Пустошный Александр Владимирович, член-корреспондент РАН, д.т.н., главный научный сотрудник-консультант ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 415-47-99. E-mail: 2_otd@ksrc.ru. <https://orcid.org/0000-0003-4797-2213>.

Савченко Олег Владиславович, к.т.н., генеральный директор ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 415-46-23. E-mail: krylov@krylov.spb.ru.

About the authors

Viacheslav V. Magarovsky, Cand. Sci. (Eng.), Head of Hydrodynamic division, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoe sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 415-65-05. E-mail: 2_otd@ksrc.ru.

Valery N. Polovinkin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Scientific Principal, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoe sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 386-67-03. E-mail: krylov@krylov.spb.ru. <https://orcid.org/0000-0003-4044-2551>.

Alexander V. Pustoshny, Dr. Sci. (Eng.), Corresponded member of Russian Academy of Science, Principal research scientist – consultant, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoe sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 415-47-99. E-mail: a.pustoshny@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-4797-2213>.

Oleg V. Savchenko, Cand. Sci. (Eng.), Director General, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoe sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 415-46-23. E-mail: krylov@krylov.spb.ru.

Поступила / Received: 29.06.22
Принята в печать / Accepted: 05.10.22
© Коллектив авторов, 2022